

BAZI TUZ TİPİ MİNERALLERİN YAĞ AGLOMERASYONU İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

İbrahim SÖNMEZ

DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2002

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

121598

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı tarafından
M-144 nolu Doktora projesi olarak desteklenmiştir.

Danışman: Doç.Dr. Yakup CEBECİ

121598

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Cahit HİÇYILMAZ

Üye : Doç.Dr. Şafak Gökhan ÖZKAN

Üye : Doç.Dr. Yakup CEBECİ

Üye : Doç.Dr. Osman KOPTAGEL

Üye : Yrd.Doç.Dr. Nevzat ASLAN

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

. . 2002

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof.Dr. Necati ÇELİK



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen yönerge doğrultusunda 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu” adlı kılavuza göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	vii
SUMMARY	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ	xxvi
EKLER LİSTESİ	xxvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Yağ Aglomerasyonu	3
2.2. Tuz Tipi Mineraller	4
2.2.1. Tuz Tipi Minerallerin Yağ Aglomerasyonu	5
2.2.1.1. Tuz Tipi Minerallerin Aglomerasyonunu Etkileyen Parametreler	7
2.2.1.1.1. Toplayıcı Türü ve Konsantrasyonu	8
2.2.1.1.2. Düzenleyiciler	13
2.2.1.1.3. Bağlayıcı Sıvılar	14
2.2.1.1.4. Karıştırmanın Şiddeti ve Süresi	16
2.3. Yüzey Gerilimi	17
2.4. Elektriksel Çift Tabaka ve Zeta potansiyeli	20
2.5. Tanelerarası Etkileşim Enerjileri	22
3. MALZEME VE YÖNTEM	26
3.1. Malzeme	26
3.2. Yöntem	30
3.2.1. Yağ Aglomerasyonu Deneyleri	30
3.2.2. Yüzey Gerilimi Ölçümleri	31
3.2.3. Temas Açısı Ölçüm Deneyleri	32
3.2.4. Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneyleri	34

4. BULGULAR	36
4.1. Aglomerasyon Deneyleri	36
4.1.1. Tekli Minerallerle Yapılan Aglomerasyon Deneyleri	36
4.1.1.1. Selestit	36
4.1.1.1.1. pH	36
4.1.1.1.2. Karıştırma Hızı	37
4.1.1.1.3. Bağlayıcı Sıvı Miktarı	38
4.1.1.1.4. Toplayıcı Miktarı	39
4.1.1.1.5. Katı Oranı	40
4.1.1.1.6. Aglomerasyon Süresi	41
4.1.1.1.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi	42
4.1.1.1.8. Kondisyon Süresi	44
4.1.1.1.9. n-Heptane Miktarı	45
4.1.1.1.10. Bastırıcılar	47
4.1.1.1.10.1. Sodyum Silikat	47
4.1.1.1.10.2. Sitrik Asit	48
4.1.1.1.10.3. Dekstrin	49
4.1.1.1.10.4. EDTA	50
4.1.1.1.10.5. Quebracho	51
4.1.1.2. Barit	53
4.1.1.2.1. pH	53
4.1.1.2.2. Karıştırma Hızı	54
4.1.1.2.3. Bağlayıcı Sıvı Miktarı	55
4.1.1.2.4. Toplayıcı Miktarı	56
4.1.1.2.5. Katı Oranı	57
4.1.1.2.6. Aglomerasyon Süresi	58
4.1.1.2.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi	59
4.1.1.2.8. Kondisyon Süresi	60
4.1.1.2.9. Na-DDS Miktarı	61
4.1.1.2.10. n-Heptane Miktarı	63

4.1.1.2.11. Bastırıcılar	67
4.1.1.2.11.1. Sodyum Silikat	67
4.1.1.2.11.2. Sitrik Asit	68
4.1.1.2.11.3. Dekstrin	69
4.1.1.2.11.4. EDTA	70
4.1.1.2.11.5. Quebracho	71
4.1.1.3. Kalsit	72
4.1.1.3.1. pH	73
4.1.1.3.2. Karıştırma Hızı	74
4.1.1.3.3. Bağlayıcı Sıvı Miktarı	75
4.1.1.3.4. Toplayıcı Miktarı	76
4.1.1.3.5. Katı Oranı	77
4.1.1.3.6. Aglomerasyon Süresi	78
4.1.1.3.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi	79
4.1.1.3.8. Kondisyon Süresi	80
4.1.1.3.9. n-Heptane Miktarı	81
4.1.1.3.10. Bastırıcılar	83
4.1.1.3.10.1. Sodyum Silikat	84
4.1.1.3.10.2. Sitrik Asit	85
4.1.1.3.10.3. Dekstrin	86
4.1.1.3.10.4. EDTA	86
4.1.1.3.10.5. Quebracho	87
4.1.2. İkili Mineral Karışımlarıyla Yapılan Aglomerasyon Deneyleri ...	88
4.1.2.1. Barit ve Kalsit Karışımları	89
4.1.2.1.1. Bastırıcıların Etkisi	91
4.1.2.1.1.1. Sodyum Silikat	92
4.1.2.1.1.2. Sitrik Asit	94
4.1.2.1.1.3. Dekstrin	96
4.1.2.1.1.4. EDTA	98
4.1.2.1.1.5. Quebracho	100

4.1.2.2. Selestit ve Kalsit Karışımları	102
4.1.2.2.1. Bastırıcıların Etkisi	104
4.1.2.2.1.1. Sodyum Silikat	104
4.1.2.2.1.2. Sitrik Asit	106
4.1.2.2.1.3. Dekstrin	108
4.1.2.2.1.4. EDTA	110
4.1.2.2.1.5. Quebracho	112
4.2. Temas Açısı Ölçüm Deneyleri	115
4.2.1. Selestit	115
4.2.1.1. pH	115
4.2.1.2. Toplayıcılar	119
4.2.1.2.1. Na-Oleat	119
4.2.1.2.2. Na-DDS	123
4.2.1.3. Bastırıcılar	126
4.2.1.3.1. Sodyum Silikat	126
4.2.1.3.2. Sitrik Asit	128
4.2.1.3.3. Dekstrin	131
4.2.1.3.4. EDTA	133
4.2.1.3.5. Quebracho	136
4.2.2. Barit	138
4.2.2.1. pH	138
4.2.2.2. Toplayıcılar	143
4.2.2.2.1. Na-Oleat	143
4.2.2.2.2. Na-DDS	146
4.2.2.3. Bastırıcılar	149
4.2.2.3.1. Sodyum Silikat	149
4.2.2.3.2. Sitrik Asit	152
4.2.2.3.3. Dekstrin	155
4.2.2.3.4. EDTA	159
4.2.2.3.5. Quebracho	162

4.2.3. Kalsit	165
4.2.3.1. pH	165
4.2.3.2. Toplayıcılar	168
4.2.3.2.1. Na-Oleat	168
4.2.3.2.2. Na-DDS	171
4.2.3.3. Bastırıcılar	174
4.2.3.3.1. Sodyum Silikat	174
4.2.3.3.2. Sitrik Asit	178
4.2.3.3.3. Dekstrin	181
4.2.3.3.4. EDTA	183
4.2.3.3.5. Quebracho	186
4.3. Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneyleri	190
4.3.1. Selestit	190
4.3.1.1. pH	190
4.3.1.2. Na-Oleat Miktarı	191
4.3.1.3. Na-DDS Miktarı	192
4.3.2. Barit	193
4.3.2.1. pH	193
4.3.2.2. Na-Oleat Miktarı	194
4.3.2.3. Na-DDS Miktarı	195
4.3.3. Kalsit	196
4.3.3.1. pH	196
4.3.3.2. Na-Oleat Miktarı	197
4.3.3.3. Na-DDS Miktarı	198
5. TARTIŞMA	200
5.1. Tekli Mineraller	200
5.1.1. pH	200
5.1.2. Karıştırma Hızı	205
5.1.3. Bağlayıcı Sıvı Cinsi ve Miktarı	205
5.1.4. Toplayıcı Cinsi ve Miktarı	207

5.1.5. Katı Oranı	218
5.1.6. Kondisyon Süresi	218
5.1.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi	218
5.1.8. Aglomerasyon Süresi	219
5.1.9. Bastıncılar	220
5.1.9.1. Sodyum Silikat	220
5.1.9.2. Sitrik Asit	222
5.1.9.3. Dekstrin	223
5.1.9.4. EDTA	224
5.1.9.5. Quebracho	225
5.2. İkili Mineral Karışımları	226
5.2.1. Barit ve Kalsit Karışımları	226
5.2.1.1. Bastıncılar	227
5.2.1.1.1. Sodyum Silikat	227
5.2.1.1.2. Sitrik Asit	228
5.2.1.1.3. Dekstrin	229
5.2.1.1.4. EDTA	229
5.2.1.1.5. Quebracho	229
5.2.2. Selestit ve Kalsit Karışımları	230
5.2.2.1. Bastıncılar	231
5.2.2.1.1. Sodyum Silikat	231
5.2.2.1.2. Sitrik Asit	232
5.2.2.1.3. Dekstrin	233
5.2.2.1.4. EDTA	233
5.2.2.1.5. Quebracho	234
6. SONUÇLAR	235
7. KAYNAKLAR	237
ÖZGEÇMİŞ	247
EKLER	248

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI TUZ TİPİ MİNERALLERİN YAĞ AGLOMERASYONU İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

İbrahim SÖNMEZ

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Yakup CEBECİ

Bu çalışmada, tuz tipi minerallerden olan selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde etkili olan parametrelerden pH, karıştırma hızı, toplayıcı türü (Na-Oleat, Na-DDS) ve miktarı, bağlayıcı sıvı türü (gazyağı, n-Heptane) ve miktarı, katı oranı, aglomerasyon süresi, reaktif karıştırma süresi, kondisyon süresi ile bastırıcı türü (sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA, quebracho) ve miktarının verim üzerindeki etkileri incelenerek optimum koşullar belirlenmiştir. Ayrıca, belirlenen optimum koşullarda selestit+kalsit ve barit+kalsit yapay karışımlarından selestit ve baritin seçimli olarak kazanılmasında uygun bastırıcı türü ve miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Selestit ile yapılan yağ aglomerasyonu deneylerinde optimum koşullar şöyledir: pH: 7, karıştırma hızı: 1500 dev/dak, bağlayıcı sıvı miktarı (gazyağı): 100 L/ton, toplayıcı (Na-Oleat) miktarı: 10 kg/ton, katı oranı: %5, kondisyon süresi: 5 dak, toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak, aglomerasyon süresi: 5 dak. Optimum koşullarda yapılan deneyde ağırlıkça %78,67 verime ulaşılmıştır. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu bastırıcı miktarları ise şu şekilde belirlenmiştir: sodyum silikat: 0,4 kg/ton; sitrik asit: 0,4 kg/ton; dekstrin: 0,8 kg/ton; EDTA: 14,0 kg/ton; quebracho: 0,05 kg/ton. Ayrıca, sisteme bastırıcı olarak 1,0 kg/ton EDTA ilave edildiğinde aglomerasyon verimi %89,47 olmuştur.

Barit ile yapılan yağ aglomerasyonu deneylerinde optimum koşullar şöyledir: pH: 10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak, bağlayıcı sıvı miktarı (gazyağı): 80 L/ton, toplayıcı (Na-Oleat) miktarı: 3 kg/ton, katı oranı: %5, kondisyon süresi: 2 dak, toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak, aglomerasyon süresi: 2 dak. Optimum koşullarda

yapılan deneyde ağırlıkça %98,07 verime ulaşılmıştır. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu bastırıcı miktarları ise şu şekilde belirlenmiştir: sodyum silikat: 38,0 kg/ton; sitrik asit: 1,2 kg/ton; dekstrin: 40,0 kg/ton; EDTA: 8,0 kg/ton; quebracho: 0,16 kg/ton.

Kalsit ile yapılan yağ aglomerasyonu deneylerinde optimum koşullar şöyledir: pH: 10, karıştırma hızı: 1600 dev/dak, bağlayıcı sıvı miktarı (gazyağı): 180 L/ton, toplayıcı (Na-Oleat) miktarı: 10 kg/ton, katı oranı: %5, kondisyon süresi: 2 dak, toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak, aglomerasyon süresi: 5 dak. Optimum koşullarda yapılan deneyde ağırlıkça %94,13 verime ulaşılmıştır. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu bastırıcı miktarları ise şu şekilde belirlenmiştir: sodyum silikat: 1,8 kg/ton; sitrik asit: 1,0 kg/ton; dekstrin: 0,8 kg/ton; EDTA: 10,0 kg/ton; quebracho: 0,06 kg/ton. Ayrıca, sisteme bastırıcı olarak 1,0 kg/ton EDTA ilave edildiğinde aglomerasyon verimi %97,20'ye yükselmiştir.

İkili mineral karışımlarıyla (barit+kalsit ve selestit+kalsit) yapılan seçimli aglomerasyon deneyleri, öncelikle %50 ağırlık oranlarında hazırlanan karışımlarda yapılmıştır. Ayrıca, %50 ağırlık oranlarında belirlenen optimum koşullarda %25 ve %75 ağırlık oranlarında da aglomerasyon deneyleri yapılmıştır.

%25 barit içeren karışımlarda kabul edilebilir bir verimle barit aglomera edilememiştir. %50 barit içeren karışımlarda, tenör ve verim birlikte değerlendirildiğinde en iyi sonuçlar bastırıcı kullanılmadan ve quebracho ile yapılan deneylerden elde edilmiştir. %75 barit içeren karışımlarda ise, sodyum silikat kullanıldığında %91,64 barit tenörüne %84,80 verimle ulaşılmıştır. Karışımındaki barit oranı arttıkça bastırıcıların etkileri azalmıştır. Sonuç olarak, barit ve kalsit ikili (%50 ve %75 barit içeren) karışımlarından barit, kabul edilebilir bir verimle kısmen zenginleştirilmiştir.

%25, %50 ve %75 selestit içeren karışımlarda kabul edilebilir bir verim ve tenörle selestit seçimli olarak aglomera edilememiştir. En iyi sonuçlara herhangi bir bastırıcı kullanılmadan ulaşılmıştır. Sonuç olarak, selestit ve kalsit ikili karışımlarından, selestit yağ aglomerasyonu yöntemiyle kabul edilebilir bir tenör ve verim ile çalışılan koşullarda seçimli olarak aglomera edilememiştir.

ANAHTAR KELİMELE: selestit, barit, kalsit, Na-Oleat, Na-DDS, sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA, quebracho, aglomerasyon.

SUMMARY

PhD Thesis

RECOVERY OF SOME SALT TYPE MINERALS BY OIL AGGLOMERATION**İbrahim SÖNMEZ**

Cumhuriyet University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Mining Engineering

Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Yakup CEBECİ

In this study, effects of some parameters pH, stirring speed, type and amount of collector (Na-Oleate, Na-DDS), type and amount of bridging liquid (kerosene, n-Heptane), solid ratio, agglomeration time, collector stirring time, conditioning time, type and amount of depressant (sodium silicate, citric acid, dextrin, EDTA and quebracho) on oil agglomeration recovery of salt type minerals (celestite, barite and calcite) were investigated and optimum conditions were determined.

Optimum oil agglomeration conditions of celestite were determined as follows; pH: 7, stirring speed: 1500 rpm, amount of bridging liquid (kerosene): 100 l/ton, amount of collector (Na-Oleate): 10 kg/ton, solid ratio: 5%, conditioning time: 5 min, collector stirring time: 1 min, agglomeration time: 5 min. Celestite concentration was obtained with 78.67% recovery at optimum conditions. The amount of depressant for zero agglomeration were determined as follows; sodium silicate: 0.4 kg/ton, citric acid: 0.4 kg/ton, dextrin: 0.8 kg/ton, EDTA: 14.0 kg/ton, quebracho: 0.05 kg/ton. However, agglomeration recovery was increased to 89.47% at 1.0 kg/ton amount of EDTA.

Optimum oil agglomeration conditions of barite were determined as follows; pH: 10, stirring speed: 1500 rpm, amount of bridging liquid (kerosene): 80 l/ton, amount of collector (Na-Oleate): 3 kg/ton, solid ratio: 5%, conditioning time: 2 min, collector stirring time: 1 min, agglomeration time: 2 min. Barite concentration was obtained with 98.07% recovery at optimum conditions. The amount of depressant for zero agglomeration were determined as follows; sodium silicate: 38.0 kg/ton, citric acid: 1.2 kg/ton, dextrin: 40.0 kg/ton, EDTA: 8.0 kg/ton, quebracho: 0.16 kg/ton.

Optimum oil agglomeration conditions of calcite were determined as follows; pH: 10, stirring speed: 1600 rpm, amount of bridging liquid (kerosene): 180 L/ton, amount of collector (Na-Oleate): 10 kg/ton, solid ratio: 5%, conditioning time: 2 min, collector stirring time: 1 min, agglomeration time: 5 min. Calcite concentrate was obtained with 94.147% recovery at optimum conditions. The amount of depressant for zero agglomeration were determined as follows; sodium silicate: 1.8 kg/ton, citric acid: 1.0 kg/ton, dextrin: 0.8 kg/ton, EDTA: 10.0 kg/ton, quebracho: 0.06 kg/ton. However, agglomeration recovery was increased to 97.207% at 1.0 kg/ton amount of EDTA.

Oil agglomeration experiments with binary mineral mixtures (barite+calcite and celestite+calcite) were carried out at 50% weight ratio. Also, agglomeration experiments in 25% and 75% weight ratio were carried out at optimum conditions determined for 50% weight ratio.

Barite could not be agglomerated with a suitable recovery from 25% barite containing mixture. It was tried to be agglomerated with a suitable grade and recovery from 50% barite containing mixture by using quebracho and without depressant. In 75% barite containing mixture, barite was agglomerated with 91.40% BaSO_4 grade and 84.80% recovery using sodium silicate. The effects of depressants were decreased with increasing of barite content of mixture. As a result, barite was partly agglomerated selectively with acceptable recovery from barite and calcite mixtures (50% and 75% barite containing).

However, celestite could not be agglomerated selectively with a suitable grade and recovery from celestite and calcite mixtures. The best results were obtained without depressant. As a result, celestite could not be agglomerated selectively with suitable grade and recovery at the conditions investigated.

KEY WORDS: celestite, barite, calcite, Na-Oleate, Na-DDS, sodium silicate, citric acid, dextrin, EDTA, quebracho, agglomeration.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük ilgi ve desteğini gördüğüm, eleştirileri ile beni yönlendiren Danışmanım Sayın Doç.Dr. Yakup CEBECİ'ye;

Doktora Tez İzleme Komitemde bana yardımcı olan Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç.Dr. Osman KOPTAGEL'e ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Nevzat ASLAN'a;

Desteklerini esirgemeyen Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr. Mehmet CANBAZOĞLU'na, öğretim üyeleri Sayın Doç.Dr. Meftuni YEKELER'e, Sayın Doç.Dr. Ünal AKDEMİR'e;

Bu çalışmada kullanılan numuneleri temin eden, Barit Maden Türk A.Ş.'nin Sivas Selestit İşletmesi Müdürü Sayın Emin TEKE'ye;

Numunelerimin analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Uzman M. İbrahim KULAKSIZ'a ve Maden Mühendisliği Bölümü personeline;

Zeta Potansiyeli Ölçüm deneylerinde yardımlarını esirgemeyen, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr. Cahit HİÇYILMAZ'a, Arş.Gör. Gökhan NAS ve Arş.Gör. Taki GÜLER'e;

FTIR grafiklerinin çekilmesinde yardımlarını esirgemeyen, Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr. Hülya GÜLER ve Arş.Gör. Oğuzhan ÇAĞLAYAN'a; FTIR grafiklerinin yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen, Kimya Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. Ulvi ULUSOY ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Özlem CEYHAN'a;

Çalışmalarım sırasında destek ve hoşgörülerini esirgemeyen eşim Elif SÖNMEZ ve oğlum H. Çağatay SÖNMEZ'e teşekkür ederim.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Yağ aglomerasyonunun şematik görünüşü	4
Şekil 2. Tuz tipi minerallerin yağ aglomerasyonu	6
Şekil 3. Bağlayıcı sıvı miktarı ile aglomeratların yapısı	15
Şekil 4. Bağlayıcı sıvı konsantrasyonunun kapillar kuvvet üzerindeki etkisi	16
Şekil 5. Katı yüzey üzerinde sıvı damlacığı	18
Şekil 6. Yağ ve su arayüzeyindeki katı taneciği durumu	20
Şekil 7. Elektriksel Çift Tabaka ve Zeta Potansiyeli	22
Şekil 8. DLVO Eğrisi	23
Şekil 9. Dört durum enerjileri ve partiküller arası uzaklık arasındaki ilişki	25
Şekil 10. Selestit, barit ve kalsit numunelerinin kümülatif elek analizi	26
Şekil 11. Deneylerde kullanılan karıştırıcının şematik görünüşü	28
Şekil 12. Kritik ıslanma yüzey gerilimi (γ_C) değerini tayin etmek için temas açısı yöntemi	33
Şekil 13. Metil alkol çözeltilerinin yüzey gerilerinin metil alkol konsantrasyona bağlı olarak değişimi	34
Şekil 14. Selestitin yağ aglomerasyonunda pH'ın etkisi	37
Şekil 15. Selestitin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının verim üzerindeki etkisi	38
Şekil 16. Selestitin yağ aglomerasyonunda gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisi	39
Şekil 17. Selestitin yağ aglomerasyonunda Na-Oleat miktarının verimi üzerindeki etkisi	40
Şekil 18. Selestitin yağ aglomerasyonunda katı oranının verim üzerindeki etkisi	41
Şekil 19. Selestitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	42
Şekil 20. Selestitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı karıştırma süresinin verim üzerindeki etkisi	43

Şekil 21. Selestitin yağ aglomerasyonunda kondisyonlama süresinin verim üzerindeki etkisi	44
Şekil 22. Selestitin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi	45
Şekil 23. Selestitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	46
Şekil 24. Selestitin yağ aglomerasyonunda sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisi	48
Şekil 25. Selestitin yağ aglomerasyonunda sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisi	49
Şekil 26. Selestitin yağ aglomerasyonunda dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisi	50
Şekil 27. Selestitin yağ aglomerasyonunda EDTA miktarının verim üzerindeki etkisi	51
Şekil 28. Selestitin yağ aglomerasyonunda quebracho miktarının verim üzerindeki etkisi	52
Şekil 29. Baritin yağ aglomerasyonunda pH'nın verim üzerindeki etkisi	53
Şekil 30. Baritin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının verim üzerindeki etkisi	54
Şekil 31. Baritin yağ aglomerasyonunda gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisi	55
Şekil 32. Baritin yağ aglomerasyonunda Na-Oleat miktarının verim üzerindeki etkisi	56
Şekil 33. Baritin yağ aglomerasyonunda katı oranının verim üzerindeki etkisi	57
Şekil 34. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	58
Şekil 35. Baritin yağ aglomerasyonunda toplayıcı karıştırma süresinin verim üzerindeki etkisi	59

Şekil 36. Baritin yağ aglomerasyonunda kondisyon süresinin verim üzerindeki etkisi	60
Şekil 37. Baritin yağ aglomerasyonunda Na-DDS miktarının verim üzerindeki etkisi	61
Şekil 38. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	62
Şekil 39. Baritin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi	63
Şekil 40. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	64
Şekil 41. Baritin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi	65
Şekil 42. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	66
Şekil 43. Baritin yağ aglomerasyonunda sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisi	68
Şekil 44. Baritin yağ aglomerasyonunda sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisi	69
Şekil 45. Baritin yağ aglomerasyonunda dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisi	70
Şekil 46. Baritin yağ aglomerasyonunda EDTA miktarının verim üzerindeki etkisi	71
Şekil 47. Baritin yağ aglomerasyonunda quebracho miktarının verim üzerindeki etkisi	72
Şekil 48. Kalsitin yağ aglomerasyonunda pH'ın verim üzerindeki etkisi ...	73
Şekil 49. Kalsitin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının verim üzerindeki etkisi	74
Şekil 50. Kalsitin yağ aglomerasyonunda gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisi	75

Şekil 51. Kalsitin yağ aglomerasyonunda Na-Oleat miktarının verim üzerindeki etkisi	76
Şekil 52. Kalsitin yağ aglomerasyonunda katı oranının verim üzerindeki etkisi	77
Şekil 53. Kalsitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	78
Şekil 54. Kalsitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı karıştırma süresinin verim üzerindeki etkisi	79
Şekil 55. Kalsitin yağ aglomerasyonunda kondisyon süresinin verim üzerindeki etkisi	80
Şekil 56. Kalsitin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi	81
Şekil 57. Kalsitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi	82
Şekil 58. Kalsitin yağ aglomerasyonunda sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisi	84
Şekil 59. Kalsitin yağ aglomerasyonunda sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisi	85
Şekil 60. Kalsitin yağ aglomerasyonunda dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisi	86
Şekil 61. Kalsitin yağ aglomerasyonunda EDTA miktarının verim üzerindeki etkisi	87
Şekil 62. Kalsitin yağ aglomerasyonunda quebracho miktarının verim üzerindeki etkisi	88
Şekil 63. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi	90
Şekil 64. Barit ve kalsit karışımında sodyum silikat miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50)	92
Şekil 65. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sodyum silikat : 0,3 kg/ton)	93

Şekil 66. Barit ve kalsit karışımında sitrik asit miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50)	94
Şekil 67. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sitrik asit: 0,05 kg/ton)	95
Şekil 68. Barit ve kalsit karışımında dekstrin miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50)	96
Şekil 69. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (dekstrin: 0,1 kg/ton)	97
Şekil 70. Barit ve kalsit karışımında EDTA miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50)	98
Şekil 71. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (EDTA: 1 kg/ton).....	99
Şekil 72. Barit ve kalsit karışımında quebracho miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50)	100
Şekil 73. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (quebracho: 0,075 kg/ton)	101
Şekil 74. Selestit ve kalsit karışımında pH'nın selestit tenörü ve verimine etkisi	102
Şekil 75. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi	103
Şekil 76. Selestit ve kalsit karışımında sodyum silikat miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50)	105
Şekil 77. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sodyum silikat: 0,2 kg/ton)	106
Şekil 78. Selestit ve kalsit karışımında sitrik asit miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50)	107
Şekil 79. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sitrik asit: 0,1 kg/ton)	108
Şekil 80. Selestit ve kalsit karışımında dekstrin miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50)	109

Şekil 81. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (dekstrin: 0,1 kg/ton)	110
Şekil 82. Selestit ve kalsit karışımında EDTA miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50)	111
Şekil 83. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (EDTA: 0,5 kg/ton)	112
Şekil 84. Selestit ve kalsit karışımında quebracho miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50)	113
Şekil 85. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (quebracho: 0,010 kg/ton)	114
Şekil 86. Selestitin pH 3'te kritik ıslanma yüzey gerilimi	116
Şekil 87. Selestitin pH 5'te kritik ıslanma yüzey gerilimi	116
Şekil 88. Selestitin pH 7'de kritik ıslanma yüzey gerilimi	117
Şekil 89. Selestitin pH 9'da kritik ıslanma yüzey gerilimi	117
Şekil 90. Selestitin pH 11'de kritik ıslanma yüzey gerilimi	118
Şekil 91. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi	118
Şekil 92. 2 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	119
Şekil 93. 4 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	120
Şekil 94. 6 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	120
Şekil 95. 8 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	121
Şekil 96. 10 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	121
Şekil 97. 12 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	122
Şekil 98. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarı ile değişimi	122

Şekil 99. 5 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	123
Şekil 100. 10 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	124
Şekil 101. 20 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	124
Şekil 102. 30 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	125
Şekil 103. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarı ile değişimi	125
Şekil 104. 0,05 kg/ton sodyum silikat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	126
Şekil 105. 0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	127
Şekil 106. 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	127
Şekil 107. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi	128
Şekil 108. 0,05 kg/ton sitrik asit miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	129
Şekil 109. 0,1 kg/ton sitrik asit miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	129
Şekil 110. 0,2 kg/ton sitrik asit miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	130
Şekil 111. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi	130
Şekil 112. 0,1 kg/ton dekstrin miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	131
Şekil 113. 0,3 kg/ton dekstrin miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	132

Şekil 114. 0,5 kg/ton dekstrin miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	132
Şekil 115. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin dekstrin miktarı ile değişimi	133
Şekil 116. 5 kg/ton EDTA miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	134
Şekil 117. 10 kg/ton EDTA miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	134
Şekil 118. 14 kg/ton EDTA miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	135
Şekil 119. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi	135
Şekil 120. 0,01 kg/ton quebracho miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	136
Şekil 121. 0,02 kg/ton quebracho miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	137
Şekil 122. 0,03 kg/ton quebracho miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	137
Şekil 123. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi	138
Şekil 124. Baritin pH 3'te kritik ıslanma yüzey gerilimi	139
Şekil 125. Baritin pH 5'te kritik ıslanma yüzey gerilimi	140
Şekil 126. Baritin pH 7'de kritik ıslanma yüzey gerilimi	140
Şekil 127. Baritin pH 9'da kritik ıslanma yüzey gerilimi	141
Şekil 128. Baritin pH 10'da kritik ıslanma yüzey gerilimi	141
Şekil 129. Baritin pH 12'de kritik ıslanma yüzey gerilimi	142
Şekil 130. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi	142
Şekil 131. 1 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	143

Şekil 132. 2 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	144
Şekil 133. 3 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	144
Şekil 134. 5 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	145
Şekil 135. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarı ile değişimi	145
Şekil 136. 2 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	146
Şekil 137. 4 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	147
Şekil 138. 6 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	147
Şekil 139. 8 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	148
Şekil 140. 10 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	148
Şekil 141. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarı ile değişimi	149
Şekil 142. 10 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	150
Şekil 143. 20 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	150
Şekil 144. 30 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	151
Şekil 145. 36 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	151
Şekil 146. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi	152

Şekil 147. 0,1 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	153
Şekil 148. 0,5 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	153
Şekil 149. 1 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	154
Şekil 150. 1,2 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	154
Şekil 151. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi	155
Şekil 152. 1 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	156
Şekil 153. 5 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	156
Şekil 154. 10 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	157
Şekil 155. 20 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	157
Şekil 156. 30 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	158
Şekil 157. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin dekstrin miktarı ile değişimi	158
Şekil 158. 1 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	159
Şekil 159. 5 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	160
Şekil 160. 6 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	160
Şekil 161. 7 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	161
Şekil 162. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi	161
Şekil 163. 0,05 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	162
Şekil 164. 0,1 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	163

Şekil 165. 0,15 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	163
Şekil 166. 0,16 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi	164
Şekil 167. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi	164
Şekil 168. Kalsitin pH 9'da kritik ıslanma yüzey gerilimi	166
Şekil 169. Kalsitin pH 10'da kritik ıslanma yüzey gerilimi	166
Şekil 170. Kalsitin pH 11'de kritik ıslanma yüzey gerilimi	167
Şekil 171. Kalsitin pH 12'de kritik ıslanma yüzey gerilimi	167
Şekil 172. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi	168
Şekil 173. 6 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	169
Şekil 174. 8 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	169
Şekil 175. 10 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	170
Şekil 176. 12 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	170
Şekil 177. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarı ile değişimi	171
Şekil 178. 10 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	172
Şekil 179. 20 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	172
Şekil 180. 30 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	173
Şekil 181. 40 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	173

Şekil 182. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarı ile değişimi	174
Şekil 183. 1 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	175
Şekil 184. 1,1 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	175
Şekil 185. 1,2 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	176
Şekil 186. 1,4 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	176
Şekil 187. 1,6 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	177
Şekil 188. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi	177
Şekil 189. 0,5 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	178
Şekil 190. 0,7 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	179
Şekil 191. 0,8 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	179
Şekil 192. 1 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	180
Şekil 193. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi	180
Şekil 194. 0,1 kg/ton dekstrin miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	181
Şekil 195. 0,3 kg/ton dekstrin miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	182
Şekil 196. 0,5 kg/ton dekstrin miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	182

Şekil 197. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin dekstrin miktarı ile değişimi	183
Şekil 198. 1 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	184
Şekil 199. 5 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	184
Şekil 200. 6 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	185
Şekil 201. 7 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	185
Şekil 202. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi	186
Şekil 203. 0,01 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	187
Şekil 204. 0,02 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	187
Şekil 205. 0,03 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	188
Şekil 206. 0,04 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi	188
Şekil 207. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi	189
Şekil 208. Selestitin zeta potansiyelinin pH ile değişimi	191
Şekil 209. Selestitin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi	192
Şekil 210. Selestitin zeta potansiyelinin Na-DDS miktarı ile değişimi	193
Şekil 211. Baritin zeta potansiyelinin pH ile değişimi	194
Şekil 212. Baritin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi	195
Şekil 213. Baritin zeta potansiyelinin Na-DDS miktarı ile değişimi	196
Şekil 214. Kalsitin zeta potansiyelinin pH ile değişimi	197
Şekil 215. Kalsitin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi	198
Şekil 216. Kalsitin zeta potansiyelinin Na-DDS miktarı ile değişimi	199
Şekil 217. Selestitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi	201

Şekil 218. Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi	202
Şekil 219. Kalsitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi	204
Şekil 220. Selestitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi	207
Şekil 221. Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi	209
Şekil 222. Kalsitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi	211
Şekil 223. Selestitin zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi	213
Şekil 224. Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi	215
Şekil 225. Kalsitin zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi	216

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Bazı tuz tipi minerallerin özellikleri	5
Tablo 2. Selestit numunesinin kimyasal analiz sonuçları	27
Tablo 3. Barit numunesinin kimyasal analiz sonuçları	27
Tablo 4. Kalsit numunesinin kimyasal analiz sonuçları	27
Tablo 5. Temas açısı ölçümlerinde kullanılan metil alkol çözeltilerinin metil alkol konsantrasyonları ve yüzey gerilimi değerleri	34
Tablo 6. Selestitin yağ aglomerasyon optimum koşulları	47
Tablo 7. Baritin yağ aglomerasyon optimum koşulları	67
Tablo 8. Kalsitin yağ aglomerasyon optimum koşulları	83
Tablo 9. Barit ve kalsit ikili karışımlarından elde edilen sonuçlar	230
Tablo 10. Selestit ve kalsit ikili karışımlarından elde edilen sonuçlar	234

EKLER LİSTESİ

	Sayfa No
EK-1A. Selestit ile Yapılan Yağ Aglomerasyonu Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar	249
EK-1B. Barit ile Yapılan Yağ Aglomerasyonu Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar	252
EK-1C. Kalsit ile Yapılan Yağ Aglomerasyonu Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar	256
EK-1D. Barit ve Kalsit Karışımlarıyla Yapılan Aglomerasyon Deneylerinden Elde Edilen Sonuçları	259
EK-1E. Selestit ve Kalsit Karışımlarıyla Yapılan Aglomerasyon Deneylerinden Elde Edilen Sonuçları	260
EK-2A. Selestit ile Yapılan Temas Açısı Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen “cos θ” Değerleri	262
EK-2B. Barit ile Yapılan Temas Açısı Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen “cos θ” Değerleri	263
EK-2C. Kalsit ile Yapılan Temas Açısı Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen “cos θ” Değerleri	264
EK-3A. Selestit ile Yapılan Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar	265
EK-3B. Barit ile Yapılan Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar	266
EK-3C. Kalsit ile Yapılan Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar	267
EK-4. Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) Sonuçları	268
EK-5. Selestitin FTIR Grafikleri	269
EK-6. Baritin FTIR Grafikleri	270
EK-7. Kalsitin FTIR Grafikleri	271
EK-8. Optimum Koşullarda Elde Edilen Aglomeratların Elek Analizi Sonuçları	272

1. GİRİŞ

Cevher zenginleştirme işlemlerinde ince ve çok ince taneler, hem yaygın olarak kullanılan modern üretim yöntemlerinin hem de çok ince boyut serbestleşmesinin bir sonucu olarak daima mevcuttur (Mehrotra ve diğ., 1983; Capes ve Darcovich, 1984; Laskowski, 1992; Cebeci, 1996).

Atık işleme, yeni çevre koruma kanunlarının ince boyutlardaki minerallerin çevreye atılmasını engellemesi, cevher ve fosil yakıtlarından yeterli ölçüde faydalanmak istenmesi nedeniyle ince ve çok ince partiküllerin boyutlarının büyütüldüğü proseslerin önemi gün geçtikçe artmaktadır (Mehrotra ve diğ., 1983; Capes ve Darcovich, 1984). Bilindiği gibi özellikle şlam boyutundaki mineral tanelerinin klasik zenginleştirme yöntemlerini kullanarak kazanılması oldukça zordur (Somasundaran, 1980; Laskowski, 1983).

Zenginleştirme işlemlerindeki esas problem, pülpteki ince tanelerin davranışlarıdır. İnce ve çok ince taneler yüzey alanlarının yüksek olması nedeniyle oksitlenme eğilimlerinin yüksek olması, değerli minerallerin yüzeyini kaplaması ve aşırı reaktif tüketimine neden olması gibi olumsuz etkilere sahiptir. Bu nedenle, özellikle fizikokimyasal özellik farklılığına dayanarak zenginleştirme yapan yöntemlerde, şlam oluşturan çok ince tanelerin ya sistemden uzaklaştırılması ya da çok iyi bir dispersiyonun sağlanması gerekmektedir (Fuerstenau, 1980; Somasundaran, 1980; Laskowski, 1983; Subrahmanyam ve Forsberg, 1990). Kollektör içeren çözeltilerde ince partiküllerin dispersiyon ve agregasyon davranışlarının kontrol edilmesi seçimli koagülasyon, seçimli flokülasyon, yağ aglomerasyonu ve taşıma flotasyonu gibi yeni yöntemlerin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Subrahmanyam ve Forsberg, 1990). Küresel aglomerasyon ve/veya aglomerat flotasyonu gibi boyut büyütme prosesleri ince tanelerin zenginleştirilmesinde diğer yöntemlere alternatif oluşturmaktadır (Sadowski, 1993).

Ayrıca aglomerasyon, toz metalurjisinin değişik uygulama alanları için gereklidir. Eğer taneler toz halinde ise, küresel şekil kazandırmak için çeşitli

teknikler uygulanmaktadır. Bu tekniklere genel olarak “küresel aglomerasyon prosesleri” denilmektedir (Capes, 1980).

Pülpteki, ince ve çok ince taneleri kazanmak için üç ana yöntem vardır. Bunlar genellikle birbirine karıştırılırlar. Birinci agregasyon yöntemi basit elektrolitler ilavesiyle katının elektriksel çift tabakasını daraltılması esasına dayanır ve bu yöntem “koagülasyon”, elde edilen ürüne ise “koagüle” denir. İkinci agregasyon yöntemi, uzun zincirli organik polimerler tanecikler arasında köprü oluşturur. Bu yöntem “flokülasyon” olarak bilinir ve elde edilen agregatlara “flok” denir. Üçüncü yöntem ise yağ aglomerasyonudur ve elde edilen ürüne “aglomerat” denir (Attia, 1982).

Seçimli koagülasyon, seçimli flokülasyon, yağ aglomerasyonu ve taşıma flotasyonu gibi yöntemlerden yağ aglomerasyonu, ortam koşullarındaki değişimlerden fazla etkilenmemesi, yüksek verimle mineral kazanmaya imkan sağlaması ve sistemin basitliği nedeniyle flotasyona alternatif olabilmektedir. Bu nedenle özellikle son yıllarda yağ aglomerasyonu ile değişik minerallerin kazanılmasına yönelik çok sayıda laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmalar yapılmaktadır (Mehrotra ve diğ., 1983; Capes ve Darcovich, 1984; Capes, 1991; Cebeci ve Eroğlu, 1998). Ancak, bu yöntemin en büyük dezavantajı yağ tüketiminin fazlalığıdır.

Bu çalışmada, tuz tipi minerallerden olan selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde etkili olan parametrelerden pH, karıştırma hızı, toplayıcı türü ve miktarı, bağlayıcı sıvı türü ve miktarı, aglomerasyon süresi, reaktif karıştırma süresi, kondisyon süresi ile bastırıcı türü ve miktarının verim üzerindeki etkisinin incelenerek optimum koşulların belirlenmesi ve ayrıca selestit+kalsit ve barit+kalsit yapay karışımlarından selestit ve baritin seçimli olarak kazanılmasında uygun bastırıcı türü ve miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, yağ aglomerasyonu deneyleri, temas açısı ölçüm deneyleri, zeta potansiyeli ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yağ Aglomerasyonu

İnce partiküllerin zenginleştirilmesi ve katı-sıvı ayırımında verimi arttırmak için geliştirilmiş bir boyut büyütme yöntemidir (Laskowski, 1992).

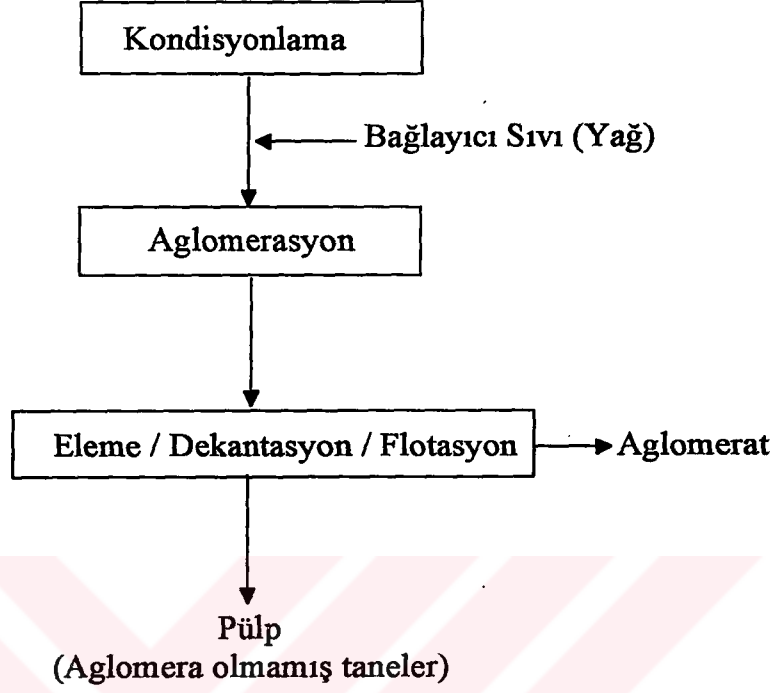
Yağ aglomerasyonu yöntemi bazı araştırmacılar tarafından “küresel aglomerasyon” veya “selektif aglomerasyon” olarak da adlandırılmaktadır (Mular ve Puddington, 1968).

Yağ aglomerasyonu ilk olarak 20. yüzyılın başlarında kömür zenginleştirme amacıyla geliştirilmiştir. Halen, değişik formlarda bir çok yağ aglomerasyonu yöntemleri mevcuttur (Trent, Convertol, NRCC (National Research Council of Canada), Shell, Olifloc, CFRI (Central Fuel Research Institute) ve BHP (Broken Hill Proprietary)) yöntemleri (Mehrotra ve diğ., 1983).

Yağ aglomerasyonunda, hidrofobik/oleofilik taneler bağlayıcı sıvı tarafından seçimli olarak ıslatılarak yağ fazına alınmakta, yağ tarafından ıslatılmayan mineraller ise pülp içerisinde kalmaktadır. Oluşan aglomeratlar eleme, dekantasyon veya flotasyon gibi uygun bir yöntemle sulu fazdan ayrılmaktadır (Kawashima ve diğ., 1986).

Mezey ve diğ. (1979)'larına göre, yağ aglomerasyonun başarısı büyük ölçüde katı partiküllerin ve yağın yüzey özelliklerine bağlıdır. İyi bir aglomerasyon için katı-sıvı ve yağ-su arayüzey enerjisi yüksek; ancak katı-yag arayüzey enerjisi düşük olmalıdır (Mehrotra ve diğ., 1983). Ayrıca, yöntemin kinetiği ve aglomeratların sonuç boyutu açısından karıştırmanın şiddeti ve yağ miktarı birinci derecede önemlidir.

Yağ aglomerasyonunun şematik görünüşü Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Yağ aglomerasyonunun şematik görünüşü.

2.2. Tuz Tipi Mineraller

Tuz tipi mineraller, oksitler ve silikatlardan çok, halit gibi tuz minerallerinden az çözünmeleriyle karakterize edilirler (Hanna ve Somasundaran, 1976).

Tuz tipi mineraller olarak tanımlanan jips, selestit, barit, kalsit, fluorit ve şelitin özellikleri Tablo 1’de verilmiştir (Aplan ve Fuerstenau, 1962).

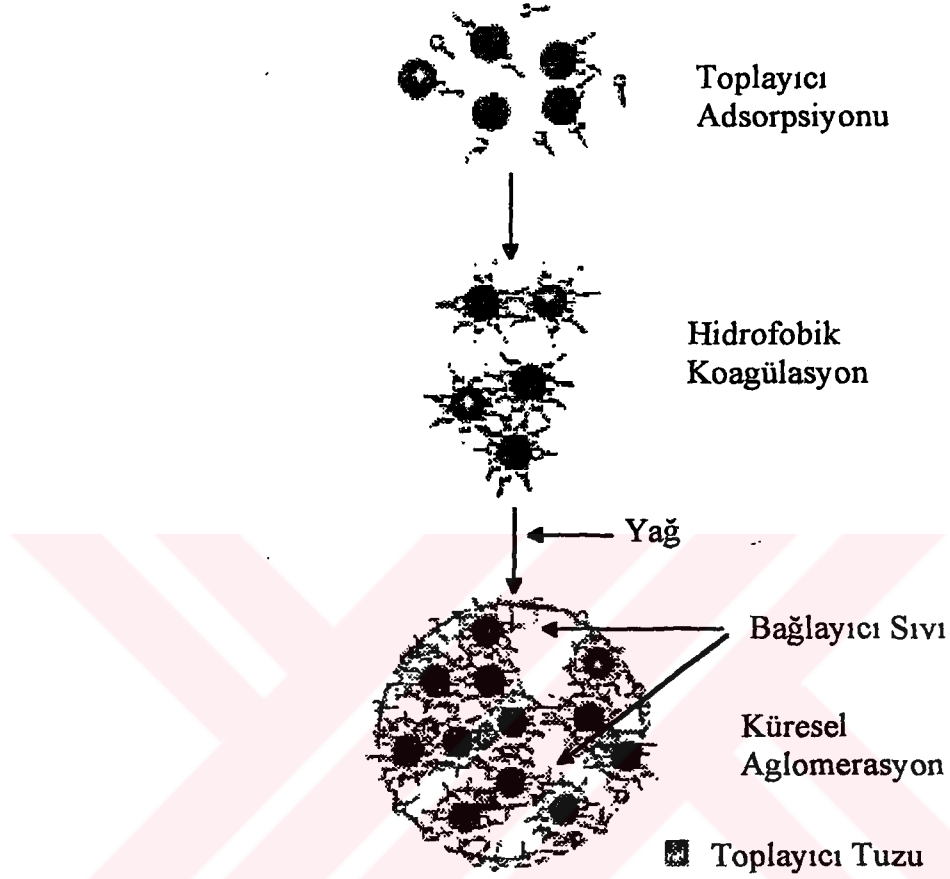
Tablo 1. Bazı tuz tipi minerallerin özellikleri (Aplan ve Fuerstenau, 1962).

Mineral	Formül	Doygun Çözeltideki Yüzey Şarjı	Çözünürlük Sabiti (K _{SP})
Jips	CaSO ₄ .2H ₂ O	-	2,4x10 ⁻⁵
Selestit	SrSO ₄	+	7,6x10 ⁻⁷
Barit	BaSO ₄	-	1,5x10 ⁻⁹
Kalsit	CaCO ₃	-	4,7x10 ⁻⁹
Fluorit	CaF ₂	+	1,7x10 ⁻¹⁰
Şelit	CaWO ₄	-	8,0x10 ⁻¹³

2.2.1. Tuz Tipi Minerallerin Yağ Aglomerasyonu

Yağ aglomerasyonunun ilk uygulamaları ince kömürlerin zenginleştirilmesi (Hattem, 1982), kömürden piritin uzaklaştırılmasına (Hucko ve diğ., 1990) ve sülfürlü artıkların zenginleştirilmesiyle (Chen ve diğ., 1993) ilgili olmasına rağmen, son çalışmalarda tuz tipi minerallerin zenginleştirilmesine ağırlık verilmiştir.

Hidrofobik minerallerin yağ aglomerasyonu prensipleri ve uygulamasıyla ilgili koşullar değişik çalışmalarda detaylıca araştırılmıştır (Mehrotra, 1983; Capes ve Darcovich, 1984; Capes, 1991; Cebeci ve Eroğlu, 1998). Tuz tipi minerallerin selektif aglomerasyonu son yapılan çalışmalarda yüzey kimyası açısından açıklanmaya çalışılmıştır. Fizikokimyasal bakış açısından tuz tipi minerallerin yağ aglomerasyonu, yüzeyi hidrofob hale getirilmiş hidrofilik tanelerin bir araya getirildiği bir çeşit agregasyon olarak belirtilmektedir (Sadowski, 1994). Tuz tipi minerallerde mineral/yağ/su sistemi, kömür/yağ/su sisteminden farklıdır (Kawashima ve diğ., 1986). Tuz tipi minerallerin aglomerasyonunda hidrofobik minerallerin aglomerasyonuna ilave iki aşama mevcuttur. Bunlar; hidrofobik koagülasyon ve flokların aglomerasyonudur (Sadowski, 1994). Tuz tipi minerallerin yağ aglomerasyonunun şematik görünüşü Şekil 2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2. Tuz tipi minerallerin yağ aglomerasyonu (Sadowski, 1994).

İnce partiküllerin hidrofobik koagülasyonu, güçlü hidrofobik etkileşimle meydana gelmekte, flokların aglomerasyonu ise bağlayıcı sıvı ile sağlanmaktadır. Hidrofobik partiküller arasındaki etkileşim çekicidir ve van der Waals kuvvetlerinden çok daha etkilidir. Ayrıca toplayıcı tuzlarının çökmesi ve mineral partikülleri arasında tuz köprüleri oluşturması, tuz tipi minerallerin aglomerasyonunda etkin mekanizmalardır (Sadowski, 1994).

Yağ aglomerasyonu ile hidrofilik minerallerin zenginleştirilmesinde flotasyonda olduğu gibi, minerallerin yüzey özelliklerindeki farklılıklardan yararlanılmakta ve zenginleştirme genellikle üç aşamada gerçekleştirilmektedir:

i. Uygun karıştırma koşullarında aglomera edilecek mineral yüzeyinin toplayıcılarla tamamen hidrofob hale getirilmesi,

ii. Uygun karıştırma koşullarında sisteme yağ ilave edilerek hidrofob tanecikler arasında hidrokarbon köprüleri kurulması ile aglomeratların oluşturulması (boyut büyütme)

iii. Süspansiyondaki aglomeratlar ile hidrofilik gang tanecikleri arasındaki boyut farklılığından yararlanarak aglomeratların ayrılması (Capes, 1980; Akar, 1983).

Literatürde tuz tipi minerallerin flotasyon ve aglomerasyon gibi yöntemlerle oksit ve silikatlardan kolayca ayrılacakları belirtilmektedir (Kelly ve Spottiswood, 1982). Bir çok tuz tipi minerallerin birlikte bulunmasına rağmen, kafes sistemlerinde aynı veya benzer toprak alkali kationları içermeleri (Marinakos ve Shergold, 1985-b) ve bu nedenle yüzey özelliklerinin aynı veya benzer olması (Hanna ve Somasundaran, 1976); yüzey özelliklerinin sistemde çözünmüş bulunan inorganiklerin varlığından etkilenmesinden dolayı (Ananthapadmanabham ve Somasundaran, 1984), fizikokimyasal özellik farklılığından yararlanılarak bu minerallerin birbirinden seçimli olarak ayrılması oldukça zordur.

2.2.1.1. Tuz Tipi Minerallerin Aglomerasyonunu Etkileyen Parametreler

Yağ aglomerasyonunda, pülpteki ince ve çok ince tanelerin davranışı üç ana faktör ile kontrol edilir. Bunlar, Capes (1980), Capes ve Darcovich (1984), Drzymala ve diğ., 1986) tarafından;

- Sıvı/katı, sıvı/yağ ve katı/yağ arayüzeyindeki serbest enerji ilişkileri,
- Katı miktarına bağlı olarak ilave edilen bağlayıcı sıvı miktarı,
- Uygulanan karıştırma şekli ve şiddeti biçiminde tanımlanmışlardır.

Ayrıca hidrofilik minerallerin aglomerasyonunda mineral-çözelti arayüzeyindeki toplayıcı ve düzenleyici reaktifleri miktarı ve adsorpsiyon şekli de önemli bir parametredir (Sadowski ve Smith, 1989).

2.2.1.1.1. Toplayıcı Türü ve Konsantrasyonu

Hem anyonik hem de katyonik toplayıcılar, tuz tipi minerallerin yüzey özelliklerine dayalı yöntemlerle zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Toplayıcıların mineral yüzeyine adsorpsiyon mekanizması kompleks olduğundan dolayı detaylı biçimde açıklanamamıştır. Ancak, yapılan çalışmalarda fiziksel ve/veya kimyasal adsorpsiyon olduğu gösterilmiştir (Hanna ve Somasundaran, 1976; Kelly ve Spottiswood, 1982).

Tuz tipi minerallerin yüzeyine toplayıcı adsorpsiyonuna katkıda bulunan kuvvetler; elektrostatik adsorpsiyon, iyon değişimi, hidrojen bağı, kimyasal adsorpsiyon ve basit çökeltme veya çökelmiş toplayıcının adsorpsiyonu olduğunu belirten Hanna ve Somasundaran (1976), toplayıcıların mineral yüzeyine adsorpsiyonuna etki eden faktörleri üç grup altında toplamaktadır;

1. Mineralin özellikleri: yüzey şarj karakteristikleri, kimyasal bileşimi ve kafes yapısı,
2. Toplayıcı özellikleri: zincir uzunluğu ve konsantrasyonu,
3. Sıvı ortamın iyon-molekül bileşimi, sıcaklık, pH, çözünmüş mineral türleri ve bunların toplayıcı ile oluşturduğu reaksiyon ürünleri.

Tuz tipi minerallerin flotasyonunda genellikle yağ asitleri ve onların sabunları (tuzları) toplayıcı olarak kullanılmaktadır (Hanna ve Somasundaran, 1976; Aplan, 1980; Atak, 1990; Leja, 1983; Sadowski, 1993). Fakat düzenleyici reaktifler kullanılmaz ise seçicilik az olabilir veya hiç sağlanamaz (Hanna ve Somasundaran, 1976).

Tuz tipi minerallerle yağ asidi türü toplayıcı arasındaki etkileşim tam olarak açıklanamamıştır. Hidrofobik etkileşime ilave olarak, karboksilat anyonları ve katyonik yüzey bölgeleri arasındaki elektriksel çekim, kimyasal olarak adsorplanmış metal sabunlarının üzerine karboksilat bileşiklerinin fiziksel adsorpsiyonu ve mineral yüzeylerine metal sabunlarının çok tabakalı çökeltmesi olabilecek adsorpsiyon mekanizmaları olarak belirtilmektedir (Marinakakis ve Shergold, 1985).

Ayrıca mineral yüzeyi üzerinde, metal oleat oluşmasının özellikle yüksek konsantrasyonlarda kafes katyonu ile oleat anyonu arasındaki reaksiyonu engellediği ortaya konmuştur. Aynı zamanda böyle bir tabakanın varlığı tuz tipi minerallerin çözünmesini engellemektedir (Marinakis ve Shergold, 1985).

Tuz tipi minerallerin flotasyonunda yüzey üzerinde metal sabunların çökmesini etkileyen herhangi bir parametre bu minerallerin flotasyonunu da etkileyecektir. En önemli parametre pH'tır. Bilindiği gibi, pH minerallerin çözünürlüğü, yüzey özellikleri ve toplayıcıların hidrolizini etkilemektedir.

Çözeltideki oleat, 8'in altındaki pH değerlerinde çoğunlukla nötr oleik asit molekülleri şeklinde bulunmakta ve özellikle yüksek konsantrasyonlarda nötr moleküllere ilave olarak çökelmiş oleik asit şeklinde de bulunmaktadır. Değişik araştırmacılar (Zimmels ve diğ., 1975; Hanna ve Somasundaran, 1976) düşük pH'larda yağ asitlerinin adsorpsiyonunu fiziksel proseslere dayandırmıştır (Marinakis ve Shergold, 1985).

Somasundaran (1976) ile Anonthapodmonobhan ve Somasundaran, (1980)'e göre oleik asit yüksek pH'larda R^- , R^{-2} ve R_2H^- şeklinde, düşük pH'larda RH nötr molekülleri şeklinde bulunmaktadır. Orta pH değerlerinde ise yukarıda belirtilen iyonlara ilaveten, iyonlar ve nötr moleküller, iyon-molekül kompleksleri oluşacak şekilde birleşirler. Oleik asidin çözelti denge koşulları aşağıdaki gibidir (Somasundaran ve diğ., 1991):

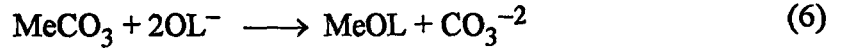
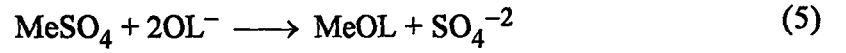


Tuz tipi minerallerden selestit, barit ve kalsit ile yapılan çalışmalar çoğunlukla flotasyon yöntemi ile zenginleştirmeye ilgilidir (Marinakis ve Shergold, 1985; Marinakis ve Shergold, 1985-b; Gonzales-Cabellero ve diğ., 1988; Özcan ve diğ., 1988; Gonzales-Cabellero ve diğ., 1989; Schubert ve Baldauf, 1990; Hiçyılmaz ve diğ., 1991; Yuehua ve Dianzuo, 1991; Castro ve Hoces, 1993; Houot ve diğ., 1993; Gence ve Özdağ, 1995; Malayoğlu ve diğ., 1997; Güler ve diğ., 1998; Güler ve diğ., 1999; Abramov, 2000; Atak ve diğ., 2001; Aplan ve diğ., 1991), aglomerasyon çalışmaları ise sınırlı sayıdadır.

Yağ asitlerinin mineral yüzeyine etkisi, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş (Marinakis ve Shergold, 1985; Kawashima ve diğ., 1986; Dawei, ve diğ., 1986; Dawei ve diğ., 1987; Kelsall ve Pitt, 1987; Yuehua ve Dianzuo, 1991; Gence ve Özdağ, 1995; Hiçyılmaz ve diğ., 1997; Güler ve diğ., 1999; Sadowski ve Smith, 1989; Sadowski, 1991; Castro ve Hoces, 1993; Sadowski, 1993-b; Sadowski, 1994; Sadowski, 1994-b; Uçbaş ve Özdağ, 1996; Sadowski, 1997; Uçbaş ve diğ., 1997; Bozkurt ve diğ., 1999; Abramov, 2000; Atak ve diğ., 2001) ve mineral yüzeyindeki metal katyonu ve karboksilat anyonu birleşmesi ile oluşan oleat bileşiklerinin oluştuğu ortaya konmuştur. Bu nedenle, bu minerallerin yüzeyine oleat adsorpsiyonunda kimyasal adsorpsiyonun baskın olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmalarda metal-oleat tuzlarının çözünürlüğü, minerallerin çözünürlüğü ile karşılaştırılmış ve mineral yüzeyinde çözünürlüğü daha az olan toplayıcı anyonu-metal katyonu bileşiğinin kolaylıkla meydana geleceği gösterilmiştir.

Örneğin; kalsitin çözünürlük sabiti $4,7 \times 10^{-9}$ iken, Ca(OL)_2 bileşiğinin çözünürlüğü $3,9 \times 10^{-3}$ olduğu gösterilmiştir. Bu minerallerin oleat çözeltileri ile reaksiyonunda, mineral yüzeylerinin bir molekül kalınlığında kollektör bileşiği ile kaplandığı da belirtilmiştir. Barit ve kalsit oleat tuzlarının pK değerleri sırasıyla 11,9 ve 12,5 (Hanna ve Somasundaran, 1976)'dir. Bu değerler karşılaştırıldığında, Ca(OL)_2 'ın daha az çözünür olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre, barit içeren pülplerde, kalsite göre mineral yüzeyine adsorplanacak olan serbest oleat iyonları daha fazla olacaktır. Bu nedenle kalsit içeren pülplerde daha yüksek oleat

konsantrasyonlarına ihtiyaç duyulacaktır (Sadowski ve Smith, 1989). Böylece, bu minerallerin oleat içeren çözeltilerde yüzey özelliklerine dayalı yöntemlerle zenginleştirilmesinin mümkün olduğu belirtilmektedir. Oleat çözeltileri ile mineral yüzeyi arasında meydana gelen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir (Leja, 1983; Atak, 1990):



Ayrıca, yağ asitlerinin hidrokarbon zincirinin uzunluğu da toplayıcı olarak seçilmesinde önemlidir. Genellikle toplayıcı olarak kullanılacak yağ asitlerinin karbon sayısının 14'ün üzerinde olması gerektiği ve hidrokarbon zincirinde çift bağların bulunması durumunda toplayıcının kabiliyetinin arttığı belirtilmektedir (Leja, 1983).

Marnakis ve Shergold (1985) tarafından oleat çözeltileri kullanılarak yapılan çalışmada kalsit, barit ve fluorit gibi minerallerin flotasyonunda sadece çözeltideki oleat konsantrasyonuna değil aynı zamanda mineral yüzeyine çökelmiş metal tuzların adhezyon kuvvetinin de önemli olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada bu minerallerin sadece pH'ı değiştirerek birbirinden seçimli olarak zenginleştirilemeyeceği ifade edilmiştir. Ayrıca, diğer tuz tipi mineraller ile de aynı mekanizmanın geçerli olduğu vurgulanmıştır.

Sadowski ve Smith (1989) tarafından tuz tipi mineraller için belirtilen oleat adsorpsiyon mekanizmaları, pülpteki oleat konsantrasyonuna bağlı olarak aşağıdaki gibi açıklanmıştır;

Düşük oleat konsantrasyonlarında tek katlı oleat iyonu adsorpsiyonu ve bunu sonucu olarak da partiküllerin flokülasyonunun az olduğu; oleat konsantrasyonu arttıkça partikülün elektriksel çift tabakasında hidrokarbon zincirlerinin birleşmesinden dolayı kuvvetli hemi-misel adsorpsiyon olduğu ve bunun sonucu olarak partiküller arasında kuvvetli hidrofobik etkileşimlerin

olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, tuz tipi minerallerin agregasyon veya dispersiyonu için kritik toplayıcı (Na-Oleat, Na-DDS) konsantrasyonuna ihtiyaç duyulduğu da belirtilmektedir. Kritik toplayıcı konsantrasyonu farklı mineraller için farklı değerler aldığı, bu farklılığın ise metal-toplayıcı anyonu tuzunun çözünürlüklerindeki farklılıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Tuz tipi minerallerden kalsit, barit, fluorit ve manyezit yüzeyine oleat ve diğer toplayıcıların adsorpsiyonu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen (Marinakakis ve Shergold, 1985; Dawei, ve diğ., 1986; Kawashima ve diğ., 1986; Kelsall ve Pitt, 1987; Dawei ve diğ., 1987; Gonzales-Cabellero ve diğ., 1989; Sadowski ve Smith, 1989; Schubert ve Baldauf, 1990; Hiçyılmaz ve diğ., 1991; Sadowski, 1991; Yuehua ve Dianzuo, 1991; Castro ve Hoces, 1993; Sadowski, 1993; Sadowski, 1993-b; Sadowski, 1994; Sadowski, 1994-b; Gence ve Özdağ, 1995; Uçbaş ve Özdağ, 1996; Hiçyılmaz ve diğ., 1997; Sadowski, 1997; Uçbaş ve diğ., 1997; Bozkurt ve diğ., 1999; Güler ve diğ., 1999; Abramov, 2000; Atak ve diğ., 2001), selestit yüzeyi üzerine toplayıcı adsorpsiyonu ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu konuda temel nitelikteki çalışmalar Gonzales ve diğ. (1989); Atak ve diğ. (2001) tarafından yapılmıştır. Atak ve diğ. (2001)'nin potasyum oleat çözeltisi kullanarak yaptıkları çalışmada selestit yüzeyine oleat adsorpsiyonunun kimyasal karakterli olduğunu ortaya koymuşlardır. Gonzales ve diğ. (1989) tarafından değişik sülfonatlar kullanılarak yapılan çalışmada, bu toplayıcıların selestit yüzeyine adsorpsiyonunun kimyasal karakterli olduğu ifade edilmiştir.

Değişik çalışmalarda tuz tipi minerallerin özellikle flotasyon yöntemiyle birbirinden uygun bastırıcıların kullanılmasıyla ayrılabilceği ortaya konmuştur (Schubert ve Baldauf, 1990; Hiçyılmaz ve diğ., 1991; Yuehua ve Dianzuo, 1991; Castro ve Hoces, 1993; Houot ve diğ., 1993; Güler ve Ar., 1998; Güler ve Ar., 1999; Atak ve diğ., 2001). Ancak, tuz tipi mineraller ile yapılan aglomerasyon çalışmalarında çoğunlukla tekli minerallerin aglomerasyon özellikleri detaylıca incelenmiştir (Kawashima ve diğ., 1986; Sadowski ve Smith, 1989; Sadowski, 1991; Sadowski, 1993; Sadowski, 1993-b; Sadowski, 1994; Sadowski, 1994-b; Hiçyılmaz, ve diğ., 1997; Sadowski, 1997). Tuz tipi minerallerin aglomerasyon ile birbirinden seçimli olarak ayrılması ile ilgili çalışma sınırlı sayıdadır. Bu konuda

temel nitelikteki çalışmalar barit+dolomit (Sadowski ve Smith, 1989; Sadowski, Yayınlanmamış), barit+kalsit (Sadowski ve Smith, 1989; Sadowski, Yayınlanmamış), barit+manyezit (Sadowski ve Smith, 1989; Sadowski, Yayınlanmamış), manyezit+dolomit (Bozkurt ve diğ., 1999), manyezit+kalsit (Uçbaş ve Özdağ, 1996; Uçbaş ve diğ., 1997; Bozkurt ve diğ., 1999) ve selestit+jips (Cebeci ve diğ., 2000) ayırımı ile ilgilidir. Bu çalışmalarda istenilen tenör ve verimde konsantrelerin üretilbileceği ortaya konmuştur.

2.2.1.1.2. Düzenleyiciler

Tuz tipi minerallerin yüzey özelliklerine bağlı yöntemlerle seçimli olarak birbirinden ayrılması organik ve inorganik düzenleyici reaktiflerin uygun konsantrasyonlarda kullanılmasıyla sağlanabilir. Ayrıca çok değerlikli katyonlar ve inorganik anyonlar tuz tipi minerallerin yüzeyine toplayıcı adsorpsiyonunu etkileyebilirler (Hanna ve Somasundaran, 1976).

Bastırıcılar iki ana gruba ayrılmışlardır (Leja, 1983):

İnorganikler: sodyum siyanür, kireç sütü, sodyum veya potasyum permanganat, çinko sülfat ve sodyum silikat.

Organikler: nişasta, jelatin, dekstrin, tannin ve quebracho.

Kalkerli ve silisli cevherlerin bastırılmasında endüstride yaygın olarak organik reaktiflerden quebracho; inorganik reaktiflerden ise sodyum silikat kullanılmaktadır (Aplan ve Fuerstenau, 1962; Leja, 1983).

Sodyum silikat, özellikle yağ asidi türü toplayıcıların mineral yüzeyine adsorpsiyonunu azalttığı ve flotasyonunu etkilediği belirtilmektedir. Ayrıca toplayıcı olarak Na-Oleat kullanıldığında sodyum silikatın, kalsiti bastırmada quebrachodan daha etkili olduğu belirtilmektedir (Castro ve Hoces, 1993).

Tuz tipi minerallerin birbirinden ayrılmasında yüksek seçimliliğin, sodyum silikat kullanımıyla elde edilebileceği belirtilmektedir (Marinakos ve Shergold, 1985-b).

2.2.1.1.3. Bağlayıcı Sıvılar

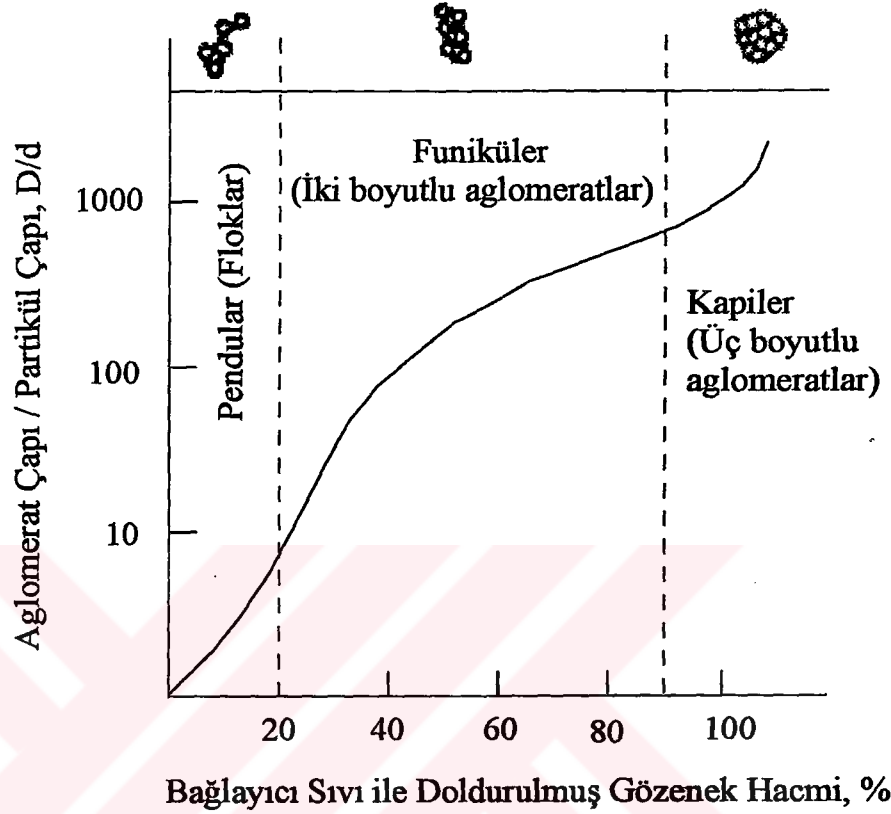
Yağ aglomerasyonunun başarılı bir şekilde uygulanması, büyük ölçüde kullanılacak yağın seçimine bağlıdır. Yağlar, hidrofobik ve hidrofilik partiküllerin ıslanmaları ve bunun sonucunda aglomerasyon işleminin verim ve seçimliliğini etkiledikleri için kullanılacak hidrokarbon yağların özellikleri önemli olmaktadır.

Genel olarak, yoğunluklarının $0,70-0,85 \text{ gr/cm}^3$ olması gerektiği belirtilmektedir (Mehrotra ve diğ., 1983).

Yüksek yoğunluklu yağlar viskozitelerinin yüksek olması nedeniyle pülpte iyi bir şekilde dağıtılamazlar, düşük yoğunluklu yağlar ise mekanik kuvvetlere dayanıklı aglomerat üretimi için uygun değildir. Ayrıca aglomerasyonda kullanılan yağın yüzey geriliminin 30 dyne/cm civarında olduğunda başarılı sonuçlar alındığı belirtilmektedir (Sarkar ve diğ., 1976; Mehrotra ve diğ., 1983).

Yağ aglomerasyonunda yaygın olarak mazot, gazyağı, fuel oil, n-Heptane gibi hidrokarbon kökenli yağlar kullanılmaktadır.

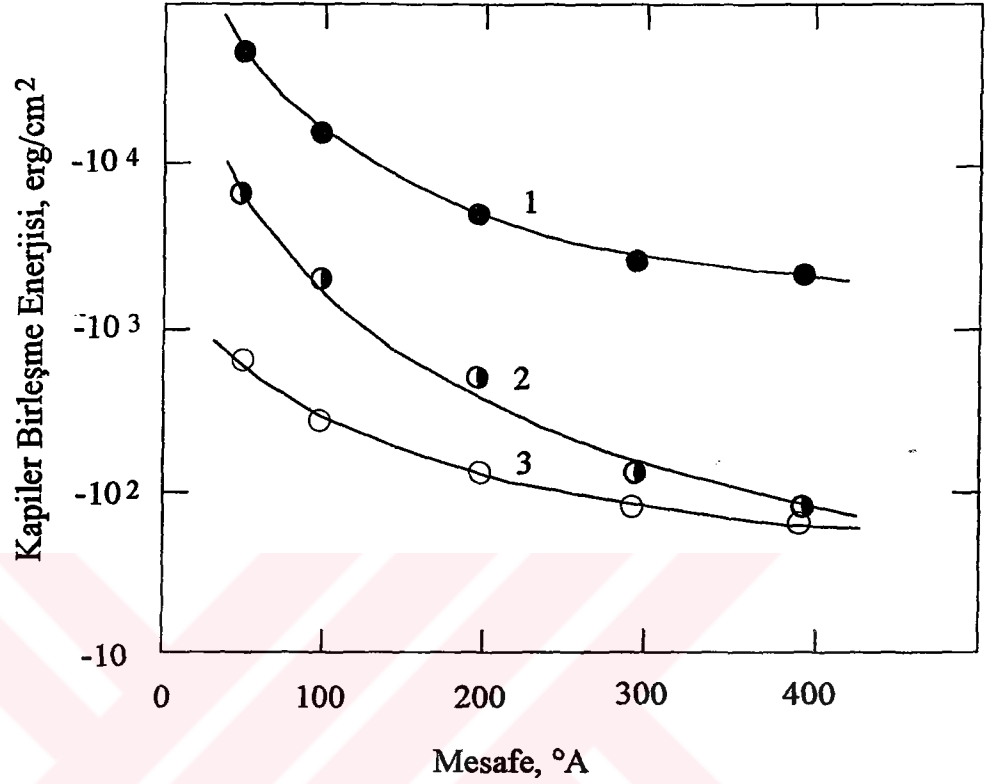
Kullanılan yağ miktarına bağlı olarak aglomerasyonda meydana gelen aşamalar ve aglomeratların oluşumu Şekil 3'de verilmektedir (Sadowski, Yayınlanmamış).



Şekil 3. Bağlayıcı sıvı miktarı ile aglomeratların yapısı (Sadowski, Yayınlanmamış).

Bağlayıcı sıvı miktarına bağlı olarak Şekil 3'den de görülebileceği gibi, düşük bağlayıcı sıvı miktarında tanecikler arasındaki gözeneklerde fazla miktarda su mevcuttur (pendular durum). Bağlayıcı sıvının hacmi arttığında gözenekler arasındaki su, bağlayıcı sıvı ile yer değiştirebilir (funiküler durum). Partiküller arasındaki boşluk tamamen bağlayıcı sıvı ile doldurulduğunda (kapiler durum) ise genellikle aglomeratların meydana geldiği kabul edilmektedir. Kapiler bölgenin ötesinde, yani çok yüksek bağlayıcı sıvı miktarında, aglomeratlar çamurumsu bir yapı (paste lumps) oluşturmaktadır. Bu durumda hidrofobik partiküller bağlayıcı sıvı içinde dağılmaktadır (Sadowski, Yayınlanmamış).

Bağlayıcı sıvı konsantrasyonunun kapiler kuvvet üzerindeki etkisi Şekil 4'de görülmektedir. Bağlayıcı sıvı konsantrasyonunun artmasıyla kapiler kuvvet azalmaktadır ve aglomeratların dayanımı yükselmektedir (Chen ve diğ., 1993).



Şekil 4. Bağlayıcı sıvı konsantrasyonunun kapiler kuvvet üzerindeki etkisi (1, 2 ve 3, bağlayıcı sıvı hacmi sırasıyla, 10^{-2} , 10^{-3} ve 10^{-4} cm^3) (Chen ve diğ., 1993).

Bağlayıcı sıvının tanecikler arasında köprü kurması, kapiler kuvvetin varlığı ile açıklanabilir. Kapiler kuvvet tane boyutu, hidrofobluğa ve bağlayıcı sıvının özelliklerine bağlıdır (Chen ve diğ., 1993).

2.2.1.1.4. Karıştırmanın Şiddeti ve Süresi

Batley (1923)'e göre, diğer önemli işletme parametresi, karıştırmanın şekli ve şiddetidir. Karıştırma, proses kinetiği açısından birinci derecede önemli değişkendir ve aglomerasyonu meydana getiren kuvvetlerin etkili olabilmesi için yağla kaplı partiküllerin bir araya gelmesi için önemlidir. Karıştırmanın şekli ve şiddeti, aglomerat şekli ve bağlayıcı sıvı tüketimi üzerinde etkilidir. Karıştırma şiddeti ve süresinin, aglomerat boyutunun maksimum olacak şekilde ayarlanması

gerekir. Çok yüksek karıştırma şiddeti ve süresi aglomerat çapında ve dolayısıyla verimde azalmalara sebep olmaktadır. Ayrıca düşük karıştırma hızlarında, aglomerat oluşum hızı düşük olacağından, büyük hacimli ekipmanlara ihtiyaç duyulur (Capes ve Darcovich, 1984).

2.3. Yüzey Gerilimi

Partiküllerin ıslanabilme özelliği, flotasyon, aglomerasyon, katı-sıvı ayırımı ve tozun bastırılması gibi pek çok teknolojik prosesi etkileyen önemli parametrelerden biri olduğu bilinmektedir (Fuerstenau ve diğ., 1987). Islanabilme, yüzey gerilimi kuvvetleriyle kontrol edilmektedir.

Yüzey gerilimi (γ), bir yüzeyin birim alanının izotermik ve dönüşümlü olarak birim miktarda arttırmak için gerekli olan iştir ve birimi dyne/cm'dir (Shaw, 1966).

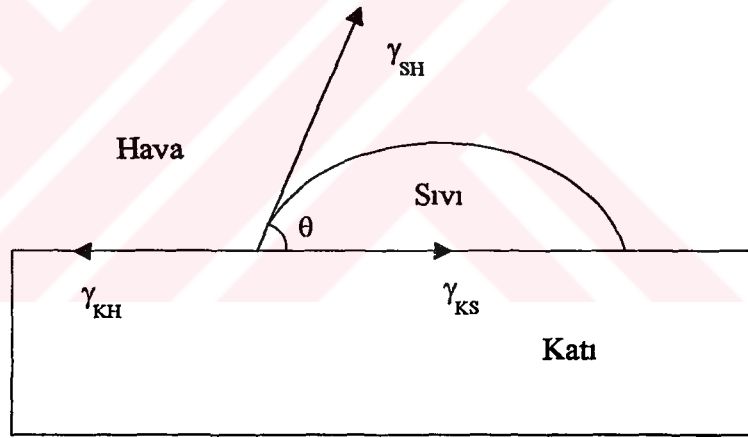
Sıvıların yüzey gerilimini, Kapiler Yükselme (Capillary Rise) Metodu; Farklı Kapiler Yükselme (Differential Capillary Rise) Metodu; Wilhelmy Plate Metodu ve Damla-Ağırlık (Drop Weight) Metodu kullanılarak belirlenebilir (Shaw, 1966).

Minerallerin veya katıların ıslanma ve yüzebilme karakterlerini deneysel ve ampirik olmak üzere pek çok yöntemle tayin etmek mümkündür. Bu tekniklerden elde edilen sayısal değere sahip parametre "kritik ıslanma yüzey gerilimi, γ_c " dir (Zisman, 1964; Parekh ve Aplan., 1974; Yazar ve Kaoma, 1984; Yekeler ve Yazar, 1994). Mineral, kritik ıslanma yüzey gerilimi (γ_c) değerinden daha düşük yüzey gerilimlerine sahip sıvılar tarafından tamamıyla ıslanmak suretiyle hidrofobluk veya yüzebilirlik özelliğini kaybeder. Katı-sıvı-hava arayüzeyleri arasında iyi bir temas açısının ($\theta > 0$) olması için kullanılan sıvının yüzey geriliminin mineralin γ_c değerinden yüksek olması gerekmektedir (Laskowski, 1986).

Uygulamada γ_c değerinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan metot, Zisman'ın geliştirdiği "Temas Açısı Ölçüm Yöntemi"dir. Bu yöntem, saf sıvıları

ve çözeltileri kullanarak parlatılmış ve preslenmiş katı veya mineral yüzeyi üzerinde damla oluşturmak suretiyle statik halde temas açısı ölçümüne (θ) dayanmaktadır.

Katı bir yüzey üzerine damlatılan sıvı damlacığı, yüzey üzerinde ya tamamen yayılır veya belirli bir temas oluşturacak şekilde yüzey üzerinde kalır. Sıvı damlatılan katının yüzeyi kuru ise okunan temas açısı, yayılma (advancing) temas açısı, yaş bir yüzey ise okunan temas açısı, çekilme (receding) temas açısıdır. Eğer katı üzerine damlatılan sıvı Şekil 5’de görüldüğü gibi bir damlacık oluşturuyorsa, denge durumunda katı-sıvı-hava fazlarının temas noktasında arayüzey gerilimleri Young Eşitliği ile aşağıdaki gibi ifade edilir (Shaw, 1966):



Şekil 5. Katı yüzey üzerinde sıvı damlacığı (Shaw, 1966).

$$\gamma_{KH} = \gamma_{KS} + \gamma_{SH} \cos\theta \quad (7)$$

Bu eşitlikte;

γ_{KH} : Katı-Hava arayüzey gerilimi, dyne/cm

γ_{KS} : Katı-Sıvı arayüzey gerilimi, dyne/cm

γ_{SH} : Sıvı-Hava arayüzey gerilimi, dyne/cm’dir.

Bir sıvının katıyı ıslatıp-ıslatmama durumu, adhezyon ve kohezyon işleri dikkate alınarak incelenir. Adhezyon ve kohezyon işleri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$W_A = \gamma_{KH} + \gamma_{SH} - \gamma_{KS} \quad (8)$$

$$W_C = 2\gamma_{SH} \quad (9)$$

W_A : Adhezyon işi, erg/cm²

W_C : Kohezyon işi, erg/cm²

olarak tanımlanır.

Young eşitliğini kullanarak, temas açısına bağlı adhezyon işi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$W_A = \gamma_{SH} (\cos \theta + 1) \quad (10)$$

Bir sıvının katı yüzey üzerinde yayılma koşulu, yayılma katsayısı denilen S ile ifade edilir (Shaw, 1966; Leja, 1983).

$$S = W_A - W_C \quad (11)$$

Buna göre;

$S \geq 0$ ise; sıvı, katı yüzey üzerinde yayılacaktır,

$S < 0$ ise; sıvı, katı yüzey üzerinde yayılmayacak ve damlacık olarak kalacaktır (Shaw, 1966).

Katı-yağ-su sistemleri için, denge durumunda katı bir partiküle etkiyen kuvvetler Şekil 6'daki gibi verilebilir. Denge durumunda Young Eşitliği

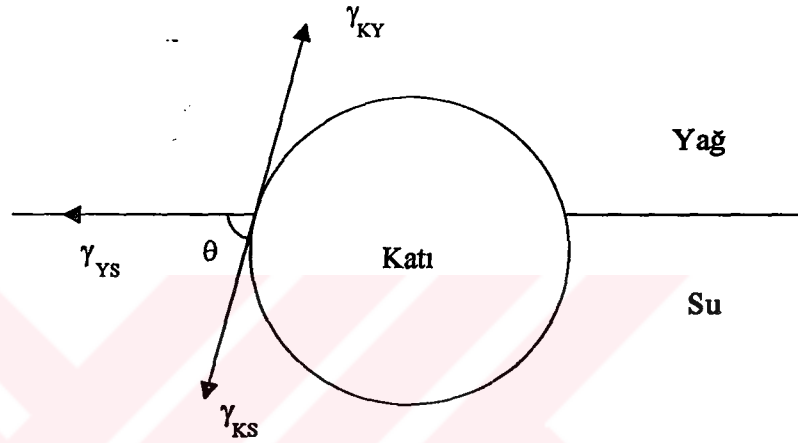
$$\gamma_{KY} = \gamma_{KS} + \gamma_{YS} \cos \theta \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir. Bu eşitlikte;

γ_{KY} : Katı-Yağ arayüzey gerilimi, dyne/cm,

γ_{KS} : Katı-Sıvı arayüzey gerilimi, dyne/cm,

γ_{YS} : Yağ-Sıvı arayüzey gerilimi, dyne/cm'dir.



Şekil 6. Yağ ve su arayüzeyindeki katı taneciği durumu (Puddington ve Sparks, 1975).

Şekil 6 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

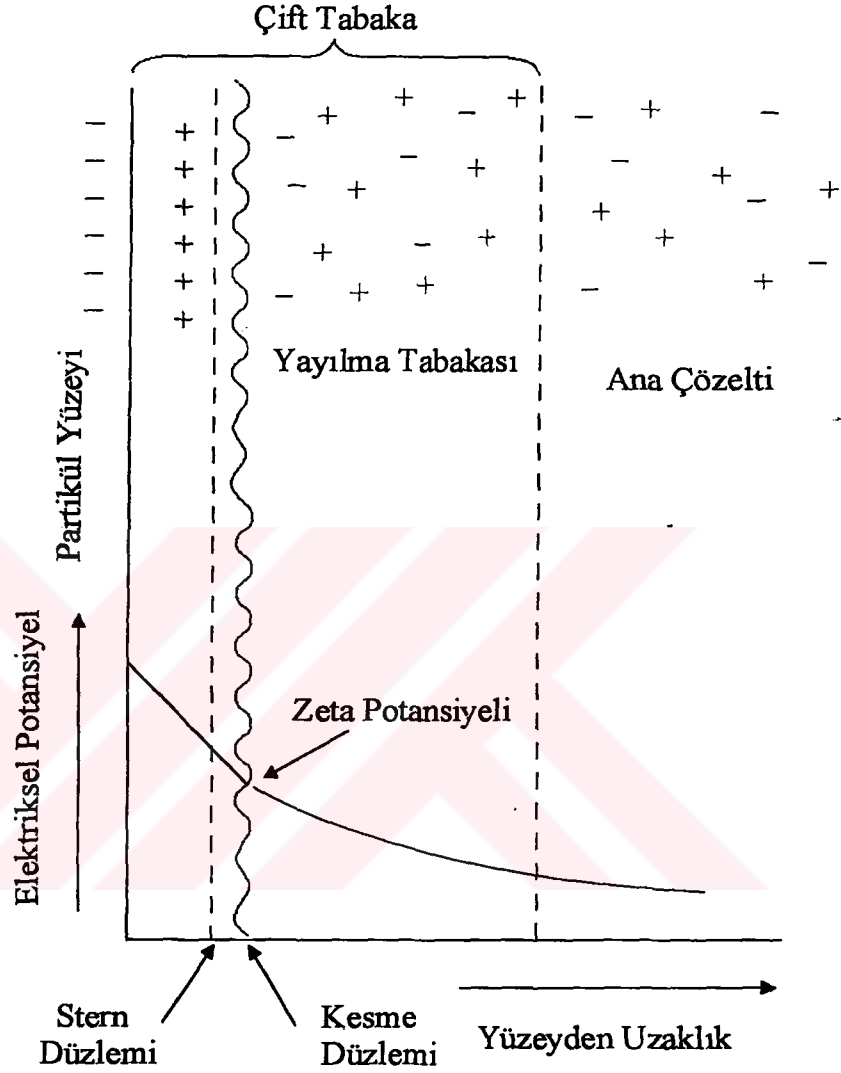
1. Eğer $\theta < 90^\circ$ ise tanecik sıvı faza doğru çekilecektir,
2. Eğer $\theta = 90^\circ$ ise tanecik arayüzeyde toplanacaktır,
3. Eğer $\theta > 90^\circ$ ise tanecik yağ fazına doğru çekilecektir.

Yağ aglomerasyonunun başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için 3. koşulun sağlanması gerekmektedir. Bu durumda katı partikülleri, yağ fazında toplanmaktadır.

Yağ aglomerasyonunda, yüksek temas açısı elde edebilmek için flotasyona göre çok yüksek miktarda toplayıcı kullanılması gerekmektedir (Puddington ve Sparks, 1975).

2.4. Elektriksel Çift Tabaka ve Zeta potansiyeli

Katı partikülleri çevreleyen sulu ortam, hem suyu meydana getiren H^+ , OH^- iyonları hem de katı yüzeyinden suya geçen ve/veya ortama ilave edilen iyonlar nedeniyle, çeşitli iyonlardan meydana gelen bir çözelti oluşturur. Sulu ortamdaki katı yüzeyi ile zıt işaretli olan iyonlar, katı yüzeyine doğru çekilir ve yüzeydeki elektrik yükünü dengelemeye çalışırlar. Katı ile sıvının arayüzeyinde toplanan bu iyonlara “Dengeleyici İyonlar” denir. Dengeleyici iyonların yüzey civarında artan konsantrasyonu, yüzeyden uzaklaştıkça azalarak sonunda çözeltinin normal konsantrasyonuna erişir. Kimyasal dengeye gelindiğinde katı yüzeyinde maksimum olan elektriksel yük yoğunluğu, sıvı içine dağılmış olan iyonların meydana getirdiği elektriksel yük ile dengelenmiş olacaktır. Sıvı içindeki katı partikül etrafında meydana gelen bu tabakaya “Elektriksel Çift Tabaka” denir. Katı yüzeyindeki potansiyele “Yüzey Potansiyeli, (ψ)”, yüzeyin elektrik yükünü tayin eden ve değiştiren iyonlara da “Potansiyeli Tayin Eden İyonlar” denir. Katı yüzeyinin kesme düzlemindeki potansiyeline ise “Zeta Potansiyeli, (ξ)” denilmektedir. Zeta potansiyeli partiküller arası itme/çekme kuvvetlerini ve dolayısıyla mineral süspansiyonlarının agregasyonunu/dispersiyonunu etkileyen önemli bir parametredir (Atak, 1990). Partikül yüzeyinde meydana gelen elektriksel çift tabakanın yapısı Şekil 7’de verilmiştir .

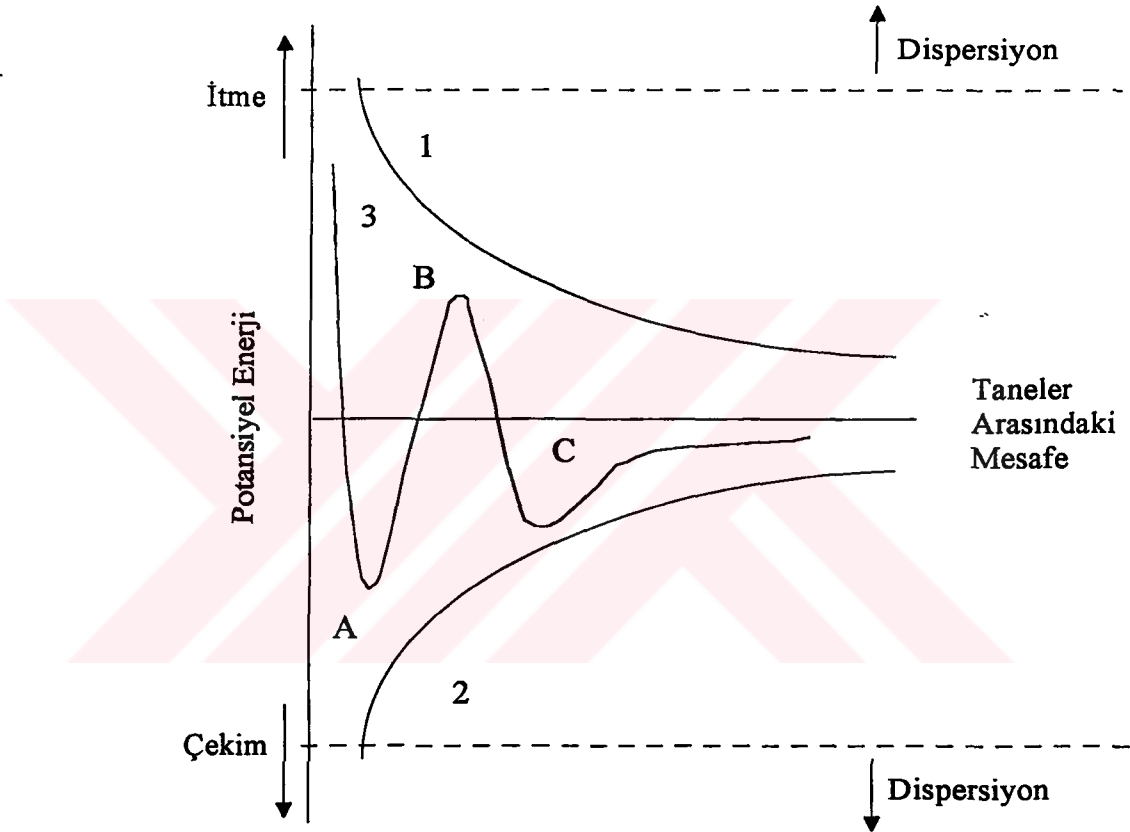


Şekil 7. Elektriksel Çift Tabaka ve Zeta Potansiyeli (Wills, 1980).

2.5. Tanelerarası Etkileşim Enerjileri

Bilindiği gibi, taneler arasındaki elektriksel itme, van der Waals çekim kuvvetleri ve belirli etkileşimler taneler arasında bir enerji bariyerinin oluşmasına neden olmaktadır. Pülpteki tanelerin dispersiyon veya agregasyonu bu bariyerin büyüklüğüne bağlıdır. Taneler arasındaki enerji bariyerinin büyüklüğü klasik DLVO (Deryaguin, Landau, Verwey, Overbeek) Teorisi'ne göre hesaplanmaktadır (Verwey ve Overbeek, 1948). Bu teoride elektriksel itme

kuvveti ile van der Waals çekim kuvveti göz önüne alınmaktadır. Bir DLVO eğrisi Şekil 8’de gösterilmiştir (Bilgen, 1993).



Şekil 8. DLVO Eğrisi (1. Elektriksel Çift Tabaka İtme Kuvveti; 2. van der Waals Çekme Kuvveti; 3. Sonuç; A. Birincil Minimum; B. Birincil Maksimum; C. İkincil Minimum) (Bilgen, 1993).

Bu teoriye göre, kararlı bir dispersiyon işlemi için yaklaşık $20 kT$ 'lik bir enerji bariyerinin aşılması gerektiği varsayılmaktadır. Bu durum, yüzey potansiyelinin yaklaşık 20-30 mV'dan büyük olması gerektiği sonucunu doğurmaktadır. Bu potansiyel değeri, elektrolit konsantrasyonu ve partikül boyutuna bağlı olarak değişmektedir (Leja, 1983).

Eğer birincil maksimum 15 kT'den az olursa, çekim kuvvetinin taneleri birincil minimuma çekmesiyle koagülasyon oluşur. Ancak, DLVO teorisi, düşük elektrolit konsantrasyonundaki taneler için geliştirilmiştir. Gerçek sistemlerde ise pülp bir dizi iyonik maddeler içermekte, bazı iyonların ve komplekslerin tane yüzeyine soğurulması ise kimyasal etkileşim ile olabilmektedir. Böylece sistemin davranışı tamamen değişebilmektedir. Toplayıcıların, bastırıcıların ve diğer iyonların kullanıldığı sistemlerde DLVO Teorisinde bazı düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu durumda, hidrofobik birleşme ve hidrofobik kuvvetin dikkate alınması gerekmektedir (Bilgen, 1993).

Lu ve Li (1984), hidrofobik etkileşimde tane yüzeyine soğurulmuş reaktifler, hidrokarbon kısımlarının hidrofobik etkileşimleri dikkate almakta; Pashley ve Israelachvili (1981), hidrofobik kuvvet ise suda iki hidrofobik partikülün yaklaşması ve teması esnasında, karmaşık su yapısının sonucu olarak ortaya çıkan ve tanecikleri birleşmeye zorlayan suyun itme hareketi olarak tanımlamaktadır. Bu işlem sonucunda sistemin serbest enerjisi düşer ve birleşme işlemi kendiliğinden olur.

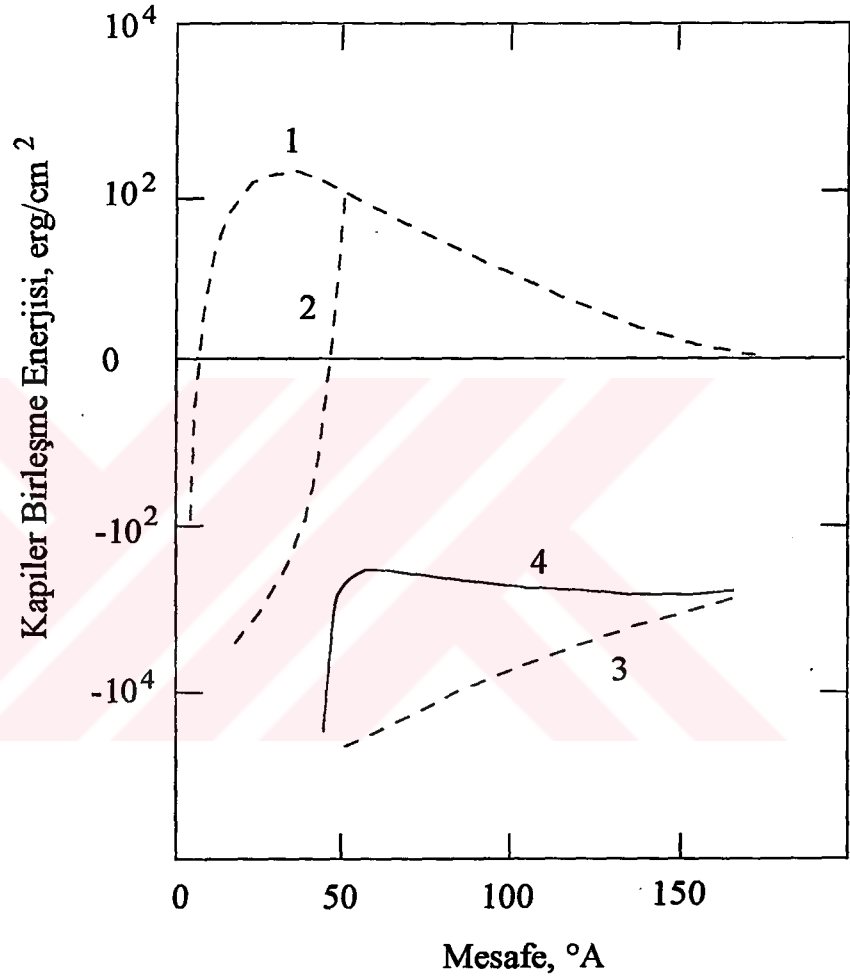
Pashley ve Israelachvili (1981) tarafından yapılan çalışmada, hidrofobik kuvvetin, van der Waals etkileşiminden çok daha fazla kuvvetli ve daha uzun mesafelerde etkili olduğu belirtilmektedir. Hidrofobik birleşme enerjisi ve hidrofobik kuvvet dikkate alınarak hesaplanan etkileşim enerjisinin elektriksel itim ve van der Waals çekim kuvvetinden 10 kat kadar daha kuvvetli olduğu belirtilmektedir (Bilgen, 1993).

Yağ aglomerasyonu ile minerallerin zenginleştirilmesinde partiküller ve partikül-yağ damlacıkları arasındaki dört kuvvet mevcuttur. Bunlar;

- Elektrostatik itme kuvveti (U_R),
- van der Waals çekim kuvveti (U_A),
- Hidrofobik birleşme enerjisi (U_H),
- Kapiler birleşme enerjisi (U_C)'dir.

Chen (1984), partiküller arasındaki uzaklığa bağlı olarak bu dört kuvvetin etkileşimi sonucu ortaya çıkan enerji, Şekil 9'daki gibi göstermiştir. Şekil 9'dan

kapiler birleşme enerjisinin sistemde baskın olduğu görülmektedir (Chen ve diğ., 1993).

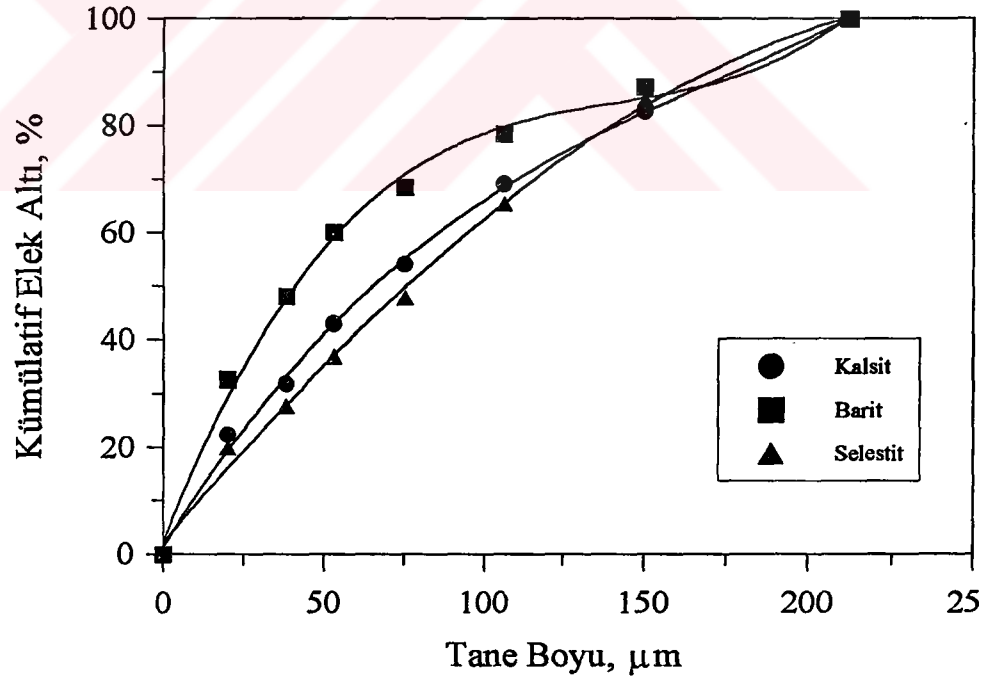


Şekil 9. Dört durum enerjileri ve partiküller arası uzaklık arasındaki ilişki (1: $U_R + U_A$; 2: $1 + U_H$; 3: U_C ; 4: $2 + 3$, toplam enerji) (Chen ve diğ., 1993) .

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Bu çalışmada, Barit Maden Türk A.Ş.'den temin edilen selestit (Sivas yöresi), barit (Kahramanmaraş yöresi) ve kalsit (Niğde yöresi) numuneleri kullanılmıştır. Çubuklu değirmen kullanılarak tamamı $-212 \mu\text{m}$ 'ye (70 mesh-ASTM) öğütülen numunelerin elek analizi sonuçları selestit, barit ve kalsit için Şekil 10'da verilmiştir. Ayrıca selestit, barit ve kalsit numunelerinin gravimetrik yöntemle yapılan kimyasal analiz sonuçları sırasıyla Tablo 2, 3 ve 4'te sunulmuştur. Selestit, barit ve kalsitin yoğunlukları sırasıyla $3,75 \text{ gr/cm}^3$, $4,5 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,7 \text{ gr/cm}^3$ 'dür.



Şekil 10. Selestit, barit ve kalsit numunelerinin kümülatif elek analizi.

Tablo 2. Selestit numunesinin kimyasal analiz sonuçları.

Bileşenler	%
SrSO_4	96,26
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3,20
Diğer	0,54

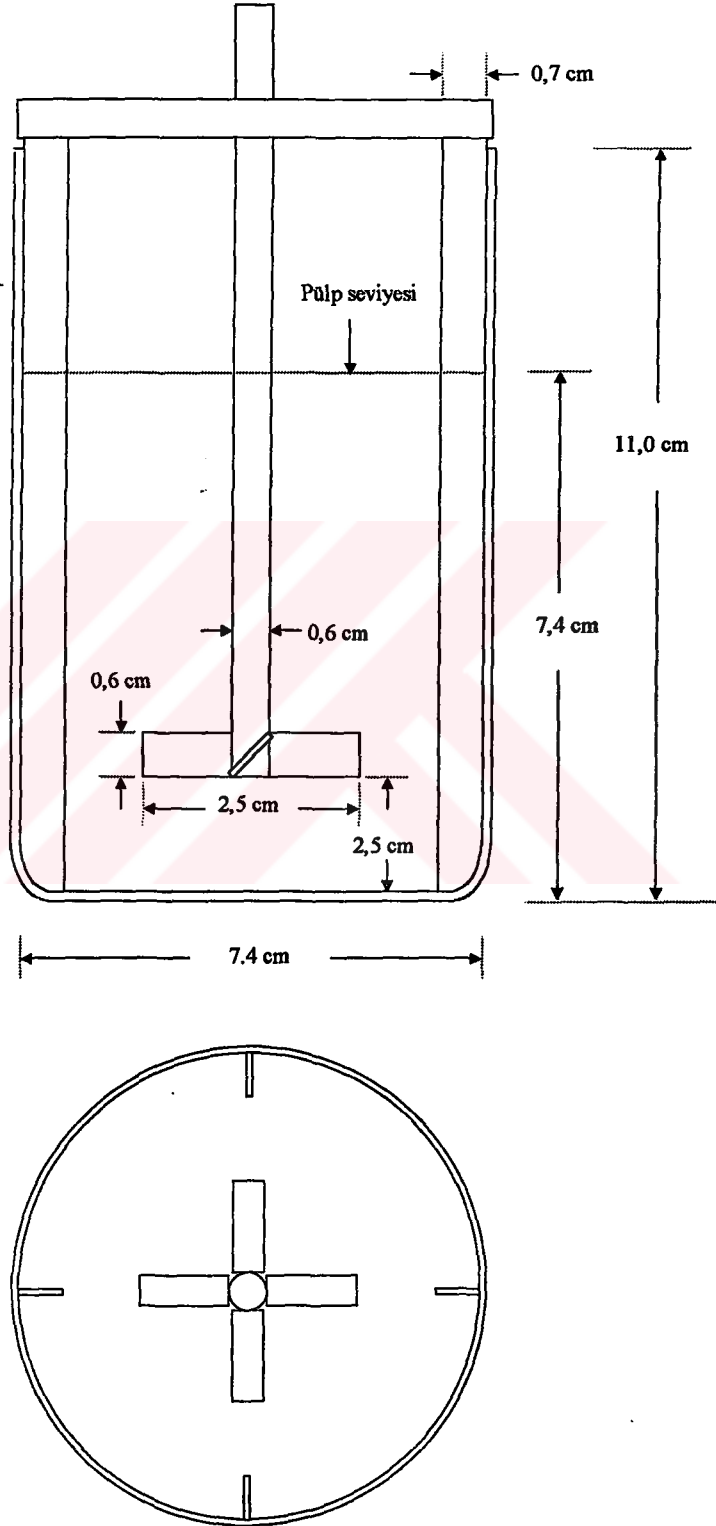
Tablo 3. Barit numunesinin kimyasal analiz sonuçları.

Bileşenler	%
BaSO_4	97,63
SiO_2	0,78
CaCO_3	0,12
SrSO_4	1,29
Diğer	0,18

Tablo 4. Kalsit numunesinin kimyasal analiz sonuçları.

Bileşenler	%
CaCO_3	99,14
SiO_2	0,30
MgO	0,31
Diğer	0,25

Yağ aglomerasyonu deneylerinde karıştırıcı olarak JANKE&KUNKEL'in IKA-WERK RW 20 modeli kullanılmıştır. Deneyler, 400 cm³'lük beherde, 4 adet levha (baffle) ve 4 adet bıçağı olan karıştırıcı kullanılarak yapılmıştır. Karıştırma sisteminin boyutları Şekil 11'de görüldüğü gibidir.



Şekil 11. Deneylerde kullanılan karıştırıcının şematik görünüşü.

Deneylerde pH ayarlamak için NaOH ve HCl; toplayıcı olarak Na-Oleat ($C_{17}H_{33}COONa$) ve Na-DDS (sodyum dodesil sülfat; $C_{12}H_{25}SO_4Na$); bağlayıcı sıvı olarak yoğunluğu $0,78 \text{ gr/cm}^3$ olan gazyağı ve yoğunluğu $0,684 \text{ gr/cm}^3$ olan n-Heptane ($(CH_3(CH_2)_5CH_3)$); bastırıcı olarak sodyum silikat (Na_2SiO_2), sitrik asit ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$), dekstrin, EDTA (etilen di amin tetra asetik asit; $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) ve quebracho; temas açısı ölçüm deneylerinde ise metil alkol çözeltileri kullanılmıştır.

Kullanılan kimyasal maddelerden NaOH, Na-DDS, sodyum silikat; EDTA, sitrik asit ve metil alkol Merck marka; n-Heptane ve Oleik asit Carlo Erba marka; HCl ise Riedel de Haen markadır. Kullanılan kimyasal maddelerin tamamı analitik saflıktadır ve bütün deneyler monodistile su kullanılarak yapılmıştır.

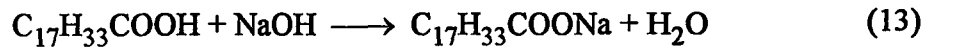
Deneylerde toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat, aşağıdaki gibi hazırlanan Na-Oleat çözeltisi %0,4 Na-Oleat içermektedir.

Oleik asit ($C_{17}H_{33}COOH$) : $282,47 \text{ gr/mol}$

Na-Oleat ($C_{17}H_{33}COONa$) : $305,47 \text{ gr/mol}$

NaOH : 40 gr/mol

$0,625 \text{ gr Oleik asit} + 1 \text{ mL NaOH (\%10'luk)} + 166,67 \text{ gr H}_2\text{O}$



Yağ aglomerasyonunda bastırıcıların etkisini incelemek ve ikili mineral karışımları ile yapılan deneylerde seçimliliği sağlamak amacıyla kullanılan sodyum silikat %0,1, 1 ve 10; EDTA %1; sitrik asit, dekstrin ve quebracho %0,1 ve 1'lik çözeltiler halinde hazırlanarak kullanılmıştır.

Deneyler sırasında pH'ı ölçmek için Hanna Instrument'in HI8521 model pH-metresi kullanılmıştır. Temas açısı ölçüm deneylerinde ise Rame-Hart Inc.'in 100 NRL modeli goniometre kullanılmıştır. Zeta potansiyeli ölçümleri, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Rank Brothers marka zetametre

kullanılarak yapılmıştır. FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) ölçümleri, C.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü'nde bulunan SHIMADZU marka spektrometre kullanılarak yapılmıştır. AAS (Atomik Absorpsiyon Spectrometer) ölçümlerinde, C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan PERKIN-ELMER marka spektrometre kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yağ Aglomerasyonu Deneyleri

Aglomerasyon deneyleri yapılırken, belirli katı oranında hazırlanan pülpün pH'sı ayarlanarak kondisyonlama yapılmış, sonra sisteme belirli miktarda toplayıcı (Na-Oleat veya Na-DDS) ilave edilerek pülp, toplayıcı karıştırma süresi kadar daha kondisyonlanmıştır. Daha sonra sisteme bağlayıcı sıvı (gazyağı veya n-Heptane) ilave edilmiş ve aglomerasyon süresi kadar karıştırmaya devam edilerek aglomeratlar oluşturulmuştur. Bastırıcıların etkisinin incelendiği deneylerde, pülp kondisyonlandıktan sonra sisteme bastırıcı ilave edilmiş ve bastırıcı karıştırma süresi kadar karıştırıldıktan sonra toplayıcı ilave edilmiştir. Aglomeratlar oluşturulduktan sonra süspansiyon 500 µm'lik (35 mesh-ASTM) elekten elenmiş, elek üstünde kalan malzeme aglomerat olarak kazanılmıştır. Kazanılan aglomeratlar 105 °C'de 24 saat kurutularak, tartılmış ve ağırlıkça verimler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Verim (\%)} = \frac{\text{Aglomerat olan mineral miktarı}}{\text{Beslemedeki mineral miktarı}} \times 100 \quad (14)$$

Aglomerasyon verimine ilk olarak pH'ın etkisi incelenmiş ve her mineral için optimum pH belirlenmiştir. Belirlenen optimum koşullar sonraki yapılan deneylerde geçerli olmuştur.

Barit+kalsit ve selestit+kalsit karışımlarıyla yapılan yağ aglomerasyonu deneylerinde ise, elde edilen aglomeratların ağırlıkça verimleri hesaplandıktan

sonra HCl'de çözülmüştür. Çözünmeyen madde süzölmüş, kurutulmuş ve miktarı belirlenmiş, böylece elde edilen aglomeratın barit veya selestit tenörü aşğıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Tenör (\%)} = \frac{\text{Aglomerat içindeki barit/selestit miktarı}}{\text{Aglomerat miktarı}} \times 100 \quad (15)$$

Cebeci ve diğ. (2000)'nın selestit ve jips karışımlarıyla yaptıkları seçimli aglomerasyon deneylerinden elde ettikleri aglomerat içerisindeki jips miktarı ihmal edilecek kadar düşük olduğundan, bu çalışmada selestit ve selestit+kalsit karışımlarıyla yapılan aglomerasyon deneylerinden elde edilen aglomeratların içerisindeki jips miktarları ihmal edilmiştir.

3.2.2. Yüzey Gerilimi Ölçümleri

Damla Ağırlık Yöntemi kullanılarak bir sıvının yüzey gerilimi aşğıdaki gibi hesaplanır:

$$\gamma = \frac{mg}{2\pi r} \quad (16)$$

m: bir damlanın kütlesi, gr

g: yerçekimi ivmesi (980,67 gr/cm²)

r: bütetin yarıçapı, cm

Formüle düzeltme faktörü de ilave edilirse;

$$\gamma = \frac{mg}{2\pi r} \cdot F \quad (17)$$

elde edilir.

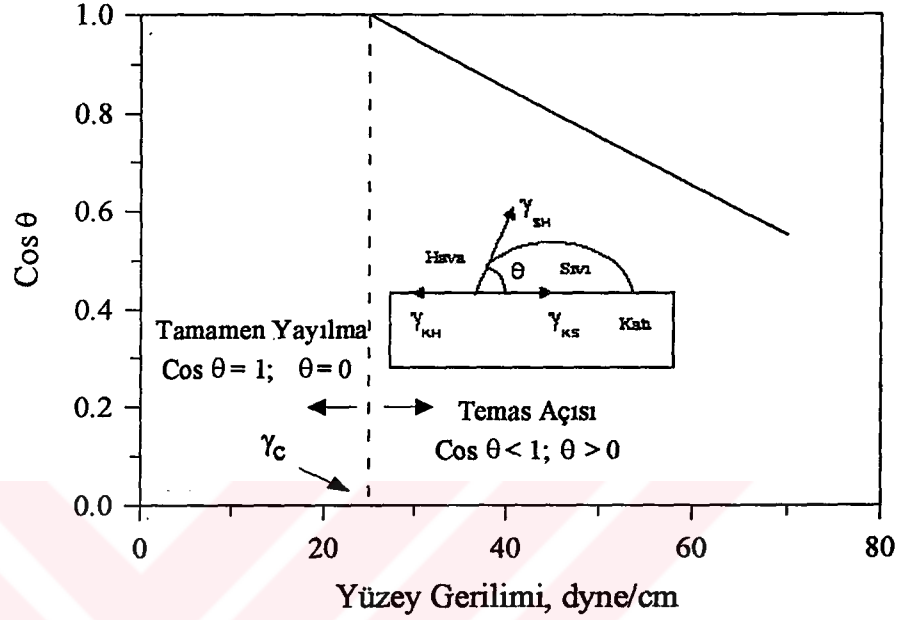
$$F \cong \frac{r}{V^{1/3}} \quad (18)$$

F: düzeltme faktörüdür ve tablodan okunmaktadır (Padday, 1968).

Aglomerasyon deneylerinde bağlayıcı sıvı olarak kullanılan gazyağı ve n-Heptanın yüzey gerilimleri, “Damla Ağırlık Yöntemi” kullanılarak hesaplanmış ve gazyağının yüzey gerilimi 25,95 dyne/cm; n-Heptanın yüzey gerilimi 20,68 dyne/cm olarak belirlenmiştir.

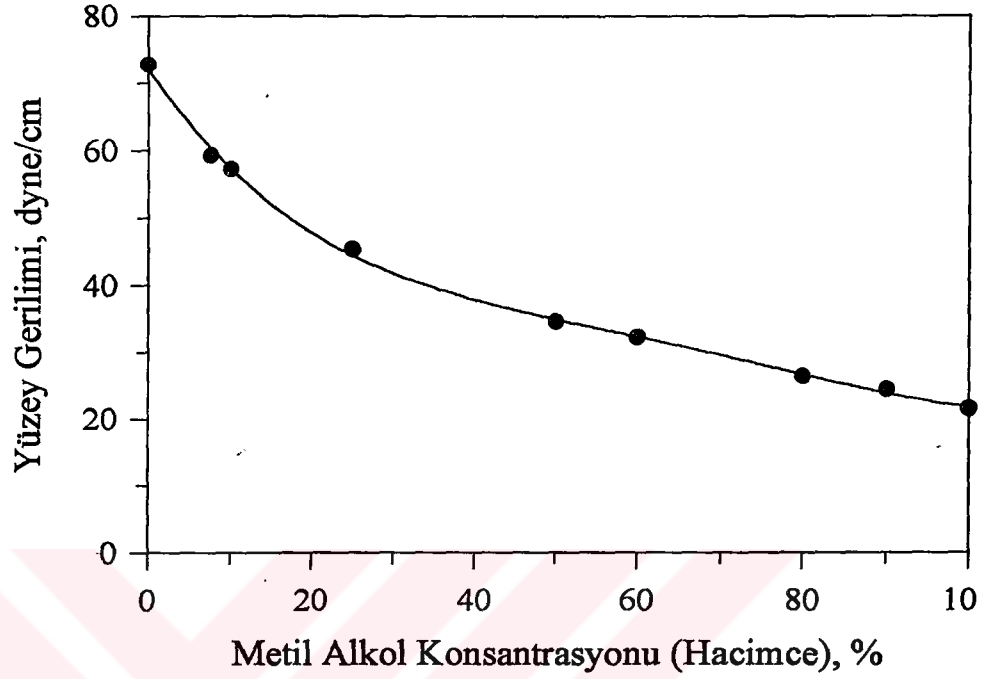
3.2.3. Temas Açısı Ölçüm Deneyleri

Temas açısı (θ) ölçüm deneylerinde, yağ aglomerasyonundaki koşullarda karıştırma yapılmış ve bağlayıcı ilave edilmeden süspansiyondaki taneler sistemden alınmıştır. Kimyasal maddeler ile muamele edilmiş taneler etüvde kurutulduktan sonra pres yardımıyla 12 mm çapında peletler oluşturulmuş ve goniometrede temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen yayılma (advancing) temas açılarının “cos” değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra, $\cos \theta$ - yüzey gerilimi (γ_{SH}) grafiği çizilmiş, γ_{SH} ’ ın $\cos \theta = 1$ ’deki değeri ekstrapolasyonla hesaplanarak “kritik ıslanma yüzey gerilimi, γ_C ” belirlenmiştir. Metoda ait grafiksel yaklaşım Şekil 12’de görülmektedir.



Şekil 12. Kritik ıslanma yüzey gerilimi (γ_c) değerini tayin etmek için temas açısı yöntemi (Zisman, 1964; Yazar ve Aksu, 1997).

Temas açısı ölçümlerinde peletler üzerine damlatılan metil alkol çözeltilerinin yüzey gerilimleri değerleri Weast (1987)'den alınmıştır. Metil alkol çözeltilisinin yüzey geriliminin içerisindeki alkol konsantrasyonu ile değişimi Şekil 13'de ve temas açısı ölçüm deneylerinde kullanılan metil alkol çözeltilerinin yüzey gerilimi değerleri Tablo 5'de verilmiştir.



Şekil 13. Metil alkol çözeltilerinin yüzey gerilimlerinin metil alkol konsantrasyona bağlı olarak değişimi (Weast, 1987).

Tablo 5. Temas açısı ölçümlerinde kullanılan metil alkol çözeltilerinin metil alkol konsantrasyonları ve yüzey gerilimi değerleri.

Alkol Konsantrasyonu (Hacimce), %	Yüzey Gerilimi, dyne/cm
0,00	72,78
29,63	46,49
55,81	34,58
79,12	26,57
100,00	21,58

3.2.4. Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneyleri

Kullanılan minerallerin zeta potansiyellerinin değişimini belirlemek amacıyla, aglomerasyonunun yapıldığı koşullarda numuneler hazırlanarak zeta potansiyelleri ölçülmüştür. Zeta potansiyeli ölçüm deneylerinde pH, Na-Oleat ve Na-DDS'in etkisi selestit, barit ve kalsit için incelenmiştir.

Zeta potansiyeli ölçümleri 25 °C sıcaklıkta, düz hücre ve palladyum elektrot kullanılarak yapılmıştır. Numunelerin zeta potansiyel değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\xi = 12,83 U = 12,83 \frac{V}{E} = 12,83 \frac{\text{hız}}{\text{potansiyel gradyanı}} \quad (19)$$

ξ : Zeta potansiyeli, mV

U: Mobilite, $\frac{\mu\text{m} / \text{sn}}{\text{V} / \text{cm}}$

V: Hız, $\mu\text{m}/\text{sn}$

E: Potansiyel gradyanı, V/cm

$$E = \frac{V}{l} \quad (20)$$

V: Uygulanan voltaj, 80 Volt

l : Elektrotlar arası mesafe, 7,9 cm

Bu değerler (1) numaralı formülde yerine konursa;

$$\xi = 12,83 \frac{\frac{50,8 \mu\text{m}}{t \text{ sn}}}{\frac{80 \text{ V}}{7,9 \text{ cm}}} \quad (21)$$

elde edilir. Her parametre için, 20 adet zaman (t) ölçülmüş ve elde edilen ortalama zaman (21) numaralı formülde yerine konularak zeta potansiyeli değeri mV olarak bulunmuştur.

4. BULGULAR

Bu bölümde, aglomerasyon deneyleri, temas açısı ve zeta potansiyeli ölçümlerinden elde edilen bulgular verilmiştir.

4.1. Aglomerasyon Deneyleri

4.1.1. Tekli Minerallerle Yapılan Aglomerasyon Deneyleri

Bu kısımda, selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde etkin olan parametrelerin optimum koşulları belirlenmiştir.

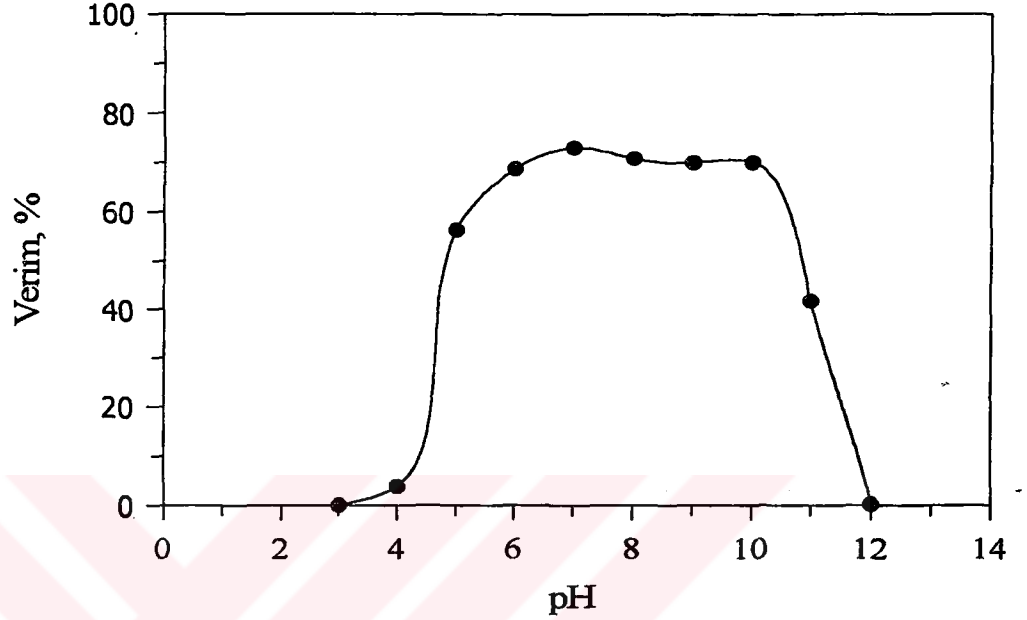
Ayrıca, selestit, barit ve kalsit ile yapılan aglomerasyon deneylerinden elde edilen verim değerleri sırasıyla EK-1A, EK-1B ve EK-1C’de verilmiştir.

4.1.1.1. Selestit

Selestitin yağ aglomerasyonunda etkin olan parametrelerden pH, karıştırma hızı, bağlayıcı sıvı tipi ve miktarı, toplayıcı miktarı, katı oranı, aglomerasyon süresi ve ayrıca toplayıcı karıştırma ve kondisyon sürelerinin verim üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

4.1.1.1.1. pH

Selestitin yağ aglomerasyonunda pH’ın verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 14’de verilmiştir.

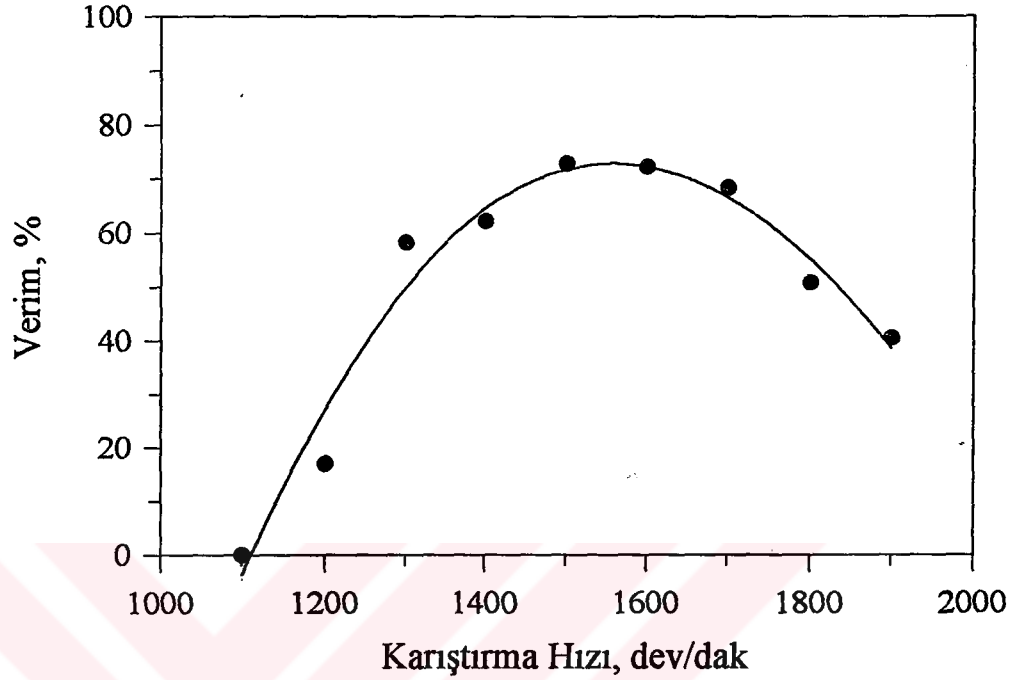


Şekil 14. Selestitin yağ aglomerasyonunda pH'nın etkisi (karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 14'den görülebileceği gibi, pH 6-10 aralığında verimde önemli bir değişme olmamasına rağmen, maksimum verime (%72,83) pH 7'de ulaşılmıştır. Bu nedenle, optimum pH değeri 7 olarak alınmış ve bundan sonraki deneyler pH 7'de yapılmıştır.

4.1.1.1.2. Karıştırma Hızı

Karıştırma hızının verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla farklı karıştırma hızlarında deneyler yapılmış ve deney bulguları Şekil 15'de verilmiştir.

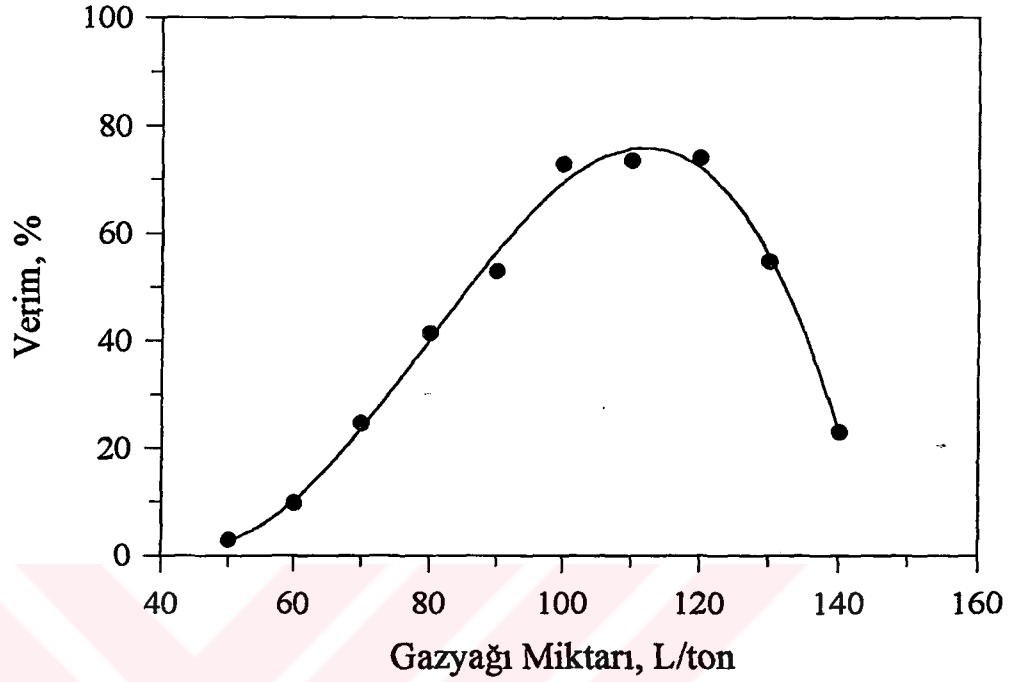


Şekil 15. Selestitin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının verim üzerindeki etkisi (pH: 7; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 15’de görüldüğü gibi, karıştırma hızı arttıkça verim artmış, 1500 dev/dak karıştırma hızında verim maksimum değerine ulaşmış ve karıştırma hızı artmaya devam ettikçe verim azalmaya başlamıştır. Bu nedenle, 1500 dev/dak optimum karıştırma hızı olarak belirlenmiştir.

4.1.1.1.3. Bağlayıcı Sıvı Miktarı

Gazyağı (bağlayıcı sıvı) miktarının selestitin yağ aglomerasyonu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 16’da verilmiştir.

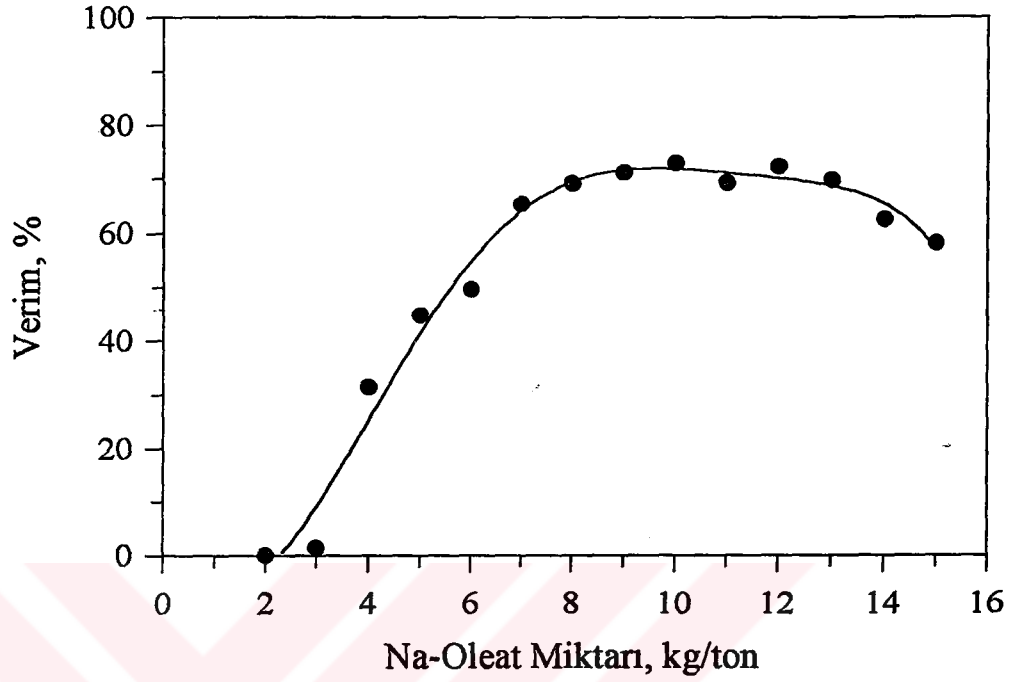


Şekil 16. Selestitin yağ aglomerasyonunda gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Gazyağı miktarı arttıkça aglomerat verimi artmakta ancak, çok yüksek gazyağı miktarlarında oluşan aglomeratlar küresellikten uzaklaşmakta ve pasta şeklini almaktadır. Bu nedenle, küresel aglomerat şeklinin korunarak en yüksek verimin elde edildiği 100 L/ton gazyağı miktarı optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.1.4. Toplayıcı Miktarı

Toplayıcı miktarının selestitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla farklı miktarlarda Na-Oleat kullanılmış ve bulunan sonuçlar Şekil 17’de verilmiştir.



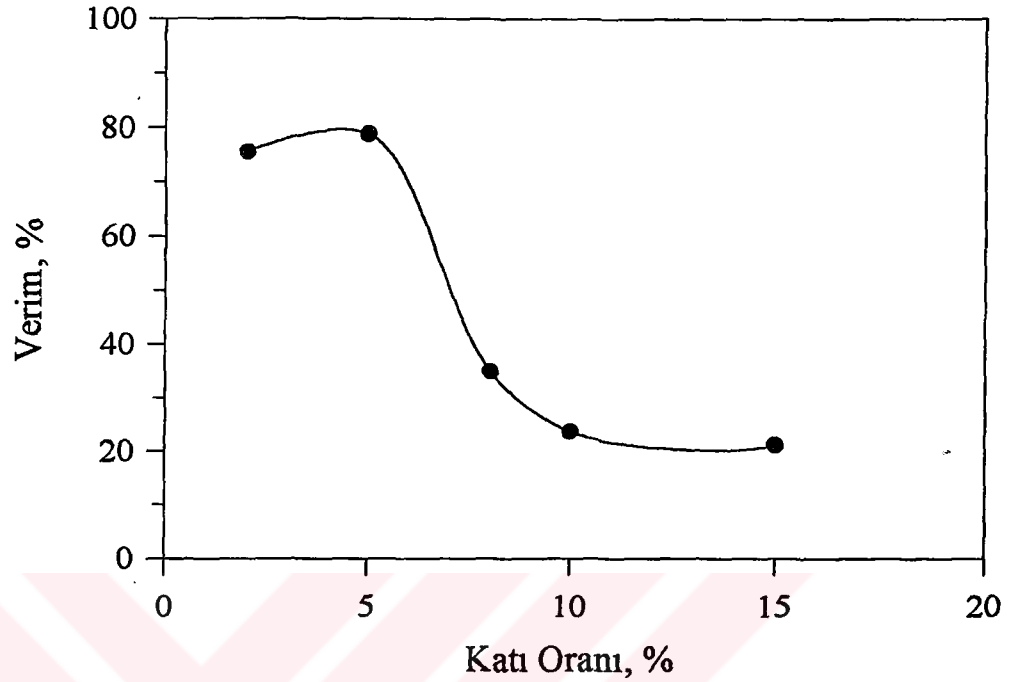
Şekil 17. Selestitin yağ aglomerasyonunda Na-Oleat miktarının verimi üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 17'den, 2 kg/ton Na-Oleat miktarında aglomerat elde edilemediği, toplayıcı miktarı arttıkça verimin arttığı ve 10 kg/ton Na-Oleat miktarında maksimum verime ulaşıldığı görülmektedir. Fakat toplayıcı miktarı 10 kg/ton'un üzerine çıktıkça verim tekrar azalmaya başlamış ve bu nedenle 10 kg/ton Na-Oleat miktarı optimum olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, toplayıcı olarak Na-DDS da kullanılmış (1, 5, 10, 20 ve 30 kg/ton) fakat aglomerat elde edilememiştir.

4.1.1.1.5. Katı Oranı

Katı oranının aglomerasyon verimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 18'de verilmiştir.

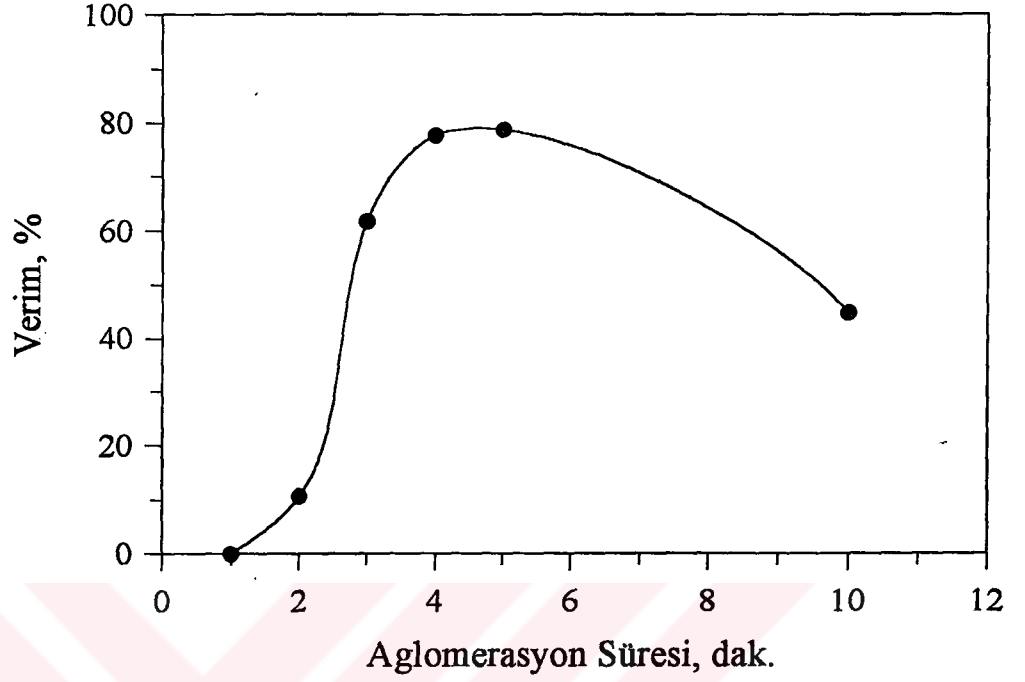


Şekil 18. Selestitin yağ aglomerasyonunda katı oranının verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 18’de görülebileceği gibi, katı oranı %2, 5, 8, 10 ve 15’de deneyler yapılmış ve katı oranı %5’de maksimum verime (%78,67) ulaşılmıştır. Katı oranı yükseldikçe aglomerasyon verimi düşmektedir. Bu nedenle, %5 katı oranı optimum olarak kabul edilmiştir.

4.1.1.1.6. Aglomerasyon Süresi

Sisteme bağlayıcı sıvı ilave edildikten sonra aglomeratların oluşması için verilen süre aglomerasyon süresi olarak bilinmektedir. Aglomerasyon veriminin süreye bağlı olarak değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 19’da verilmiştir.



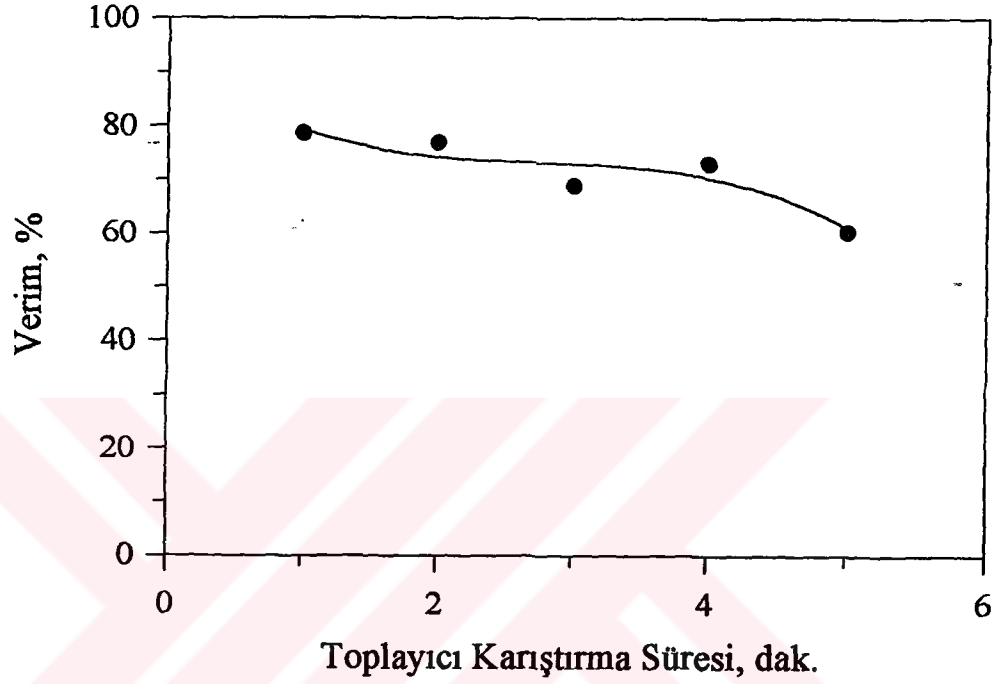
Şekil 19. Selestitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak).

Şekil 19'dan da görülebileceği gibi, aglomerasyon süresi arttıkça verim artmış, 5 dak aglomerasyon süresinde maksimum değere ulaştıktan sonra yeniden azalmaya başlamıştır. Düşük aglomerasyon sürelerinde, yağla kaplı taneciklerin birbirine bağlanması için yeterli zaman bulamadığından, yüksek aglomerasyon zamanında ise oluşan aglomeratların birbirlerine ve beherin cidarlarına çarparak parçalanması sonucu aglomerasyon verimi düşmüştür. Bu nedenle, 5 dak aglomerasyon süresi optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.1.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi

Sisteme toplayıcı ilave edildikten sonra bağlayıcı sıvı ilave edilene kadar geçen zaman toplayıcı ile kondisyonlama süresidir. Toplayıcı ile kondisyonlama

süresinin aglomerasyon verimine etkisi belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 20’de verilmiştir.

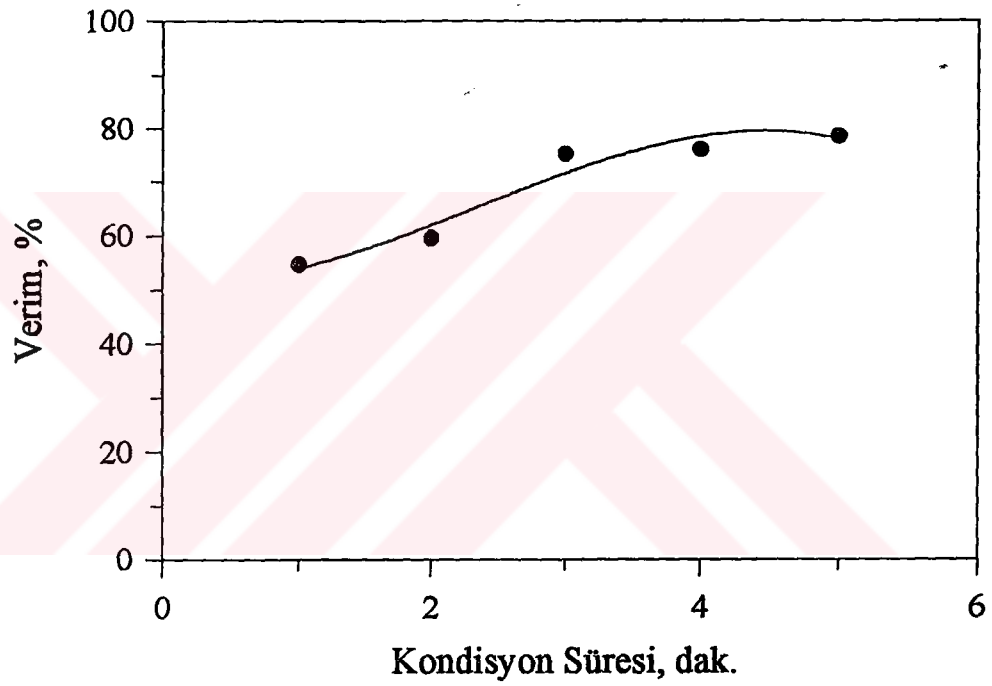


Şekil 20. Selestitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı karıştırma süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Toplayıcı karıştırma süresinin artmasıyla verimde azalma meydana geldiği Şekil 20’den görülmektedir. Toplayıcı karıştırma süresinin artmasıyla verimde meydana gelen düşüş, meydana gelen flokların parçalanmasına dayandırılmıştır. Deney bulgularının değerlendirilmesinde 1 dak toplayıcı karıştırma süresinin yeterli olduğu bulunmuştur.

4.1.1.1.8. Kondisyon Süresi

Aglomerasyon sistemine toplayıcı ilave edene kadar yapılan karıştırmaya kondisyonlama süresi denir ve kondisyonlama süresinin yağ aglomerasyonu üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 21'deki gibidir.

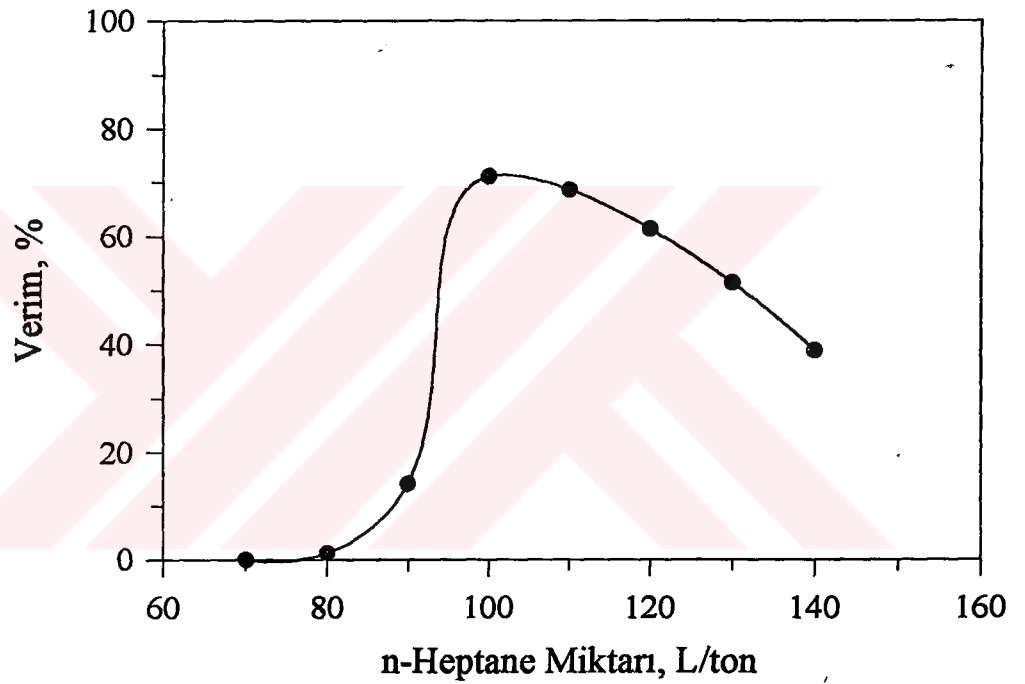


Şekil 21. Selestitin yağ aglomerasyonunda kondisyonlama süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 21'den de görüldüğü gibi, kondisyon süresi arttıkça verim de yükselmiştir. Deney bulgularının değerlendirilmesinde maksimum verimin elde edildiği 5 dak kondisyon süresi optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.1.9. n-Heptane Miktarı

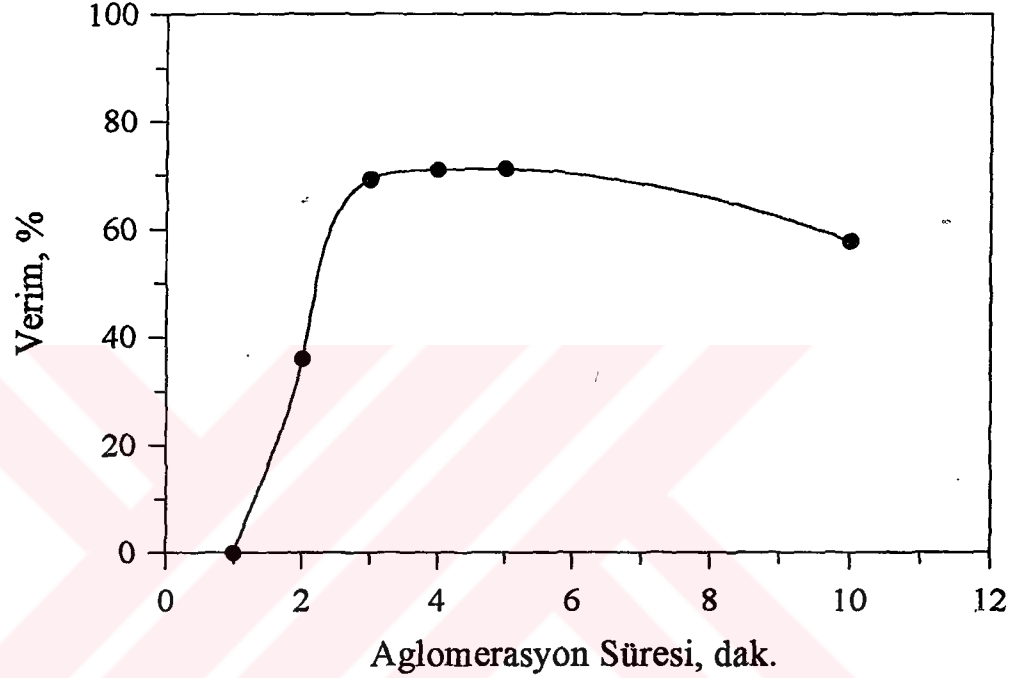
Selestitin yağ aglomerasyonunda optimum koşullar belirlendikten sonra farklı bağlayıcı sıvı olarak n-Heptane kullanılmış ve n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 22. Selestitin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 22’den görülebileceği gibi, n-Heptane miktarı arttıkça verim de artmış, 100 L/ton n-Heptane miktarında %71,13 gibi bir değere ulaşılmıştır. Daha yüksek miktarlarda verim hızlı bir şekilde azalmaya başlamıştır. Bu nedenle, 100 L/ton optimum olarak belirlenmiştir.

Optimum seçilen 100 L/ton n-Heptane miktarında aglomerasyon süresinin selestit verimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 23’de verilmiştir.



Şekil 23. Selestitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 7; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; n-Heptane: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak).

Şekil 23’den görüldüğü gibi, 1 dak aglomerasyon süresinde aglomerat elde edilememiş, aglomerasyon süresinin artırılmasıyla verim de yükselmiştir. Ancak, aglomerasyon süresi 10 dakikaya çıkarıldığında, oluşan aglomeratların tekrar parçalanmaya başlamasından dolayı verim düşmüştür. Deney bulgularının değerlendirilmesinde optimum aglomerasyon süresi 3 dak olarak bulunmuştur.

Bağlayıcı sıvı olarak gazyağı ve n-Heptane ile yapılan deneylerde aynı koşullarda en yüksek verim değerine gazyağı ile ulaşılmıştır. Örneğin, 100 L/ton bağlayıcı sıvı kullanıldığında gazyağı ile %78,67, n-Heptane ile %71,13’lük bir verim değerine ulaşılmıştır. Bu nedenle, hem bastırıcıların etkisinin araştırıldığı

hem de selestit ve kalsit ikili mineral karışımlarının aglomerasyon ile seçimli olarak zenginleştirme çalışmalarında gazyağı kullanılmıştır.

Selestitin yağ aglomerasyonunda belirlenen optimum koşullar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Selestitin yağ aglomerasyon optimum koşulları.

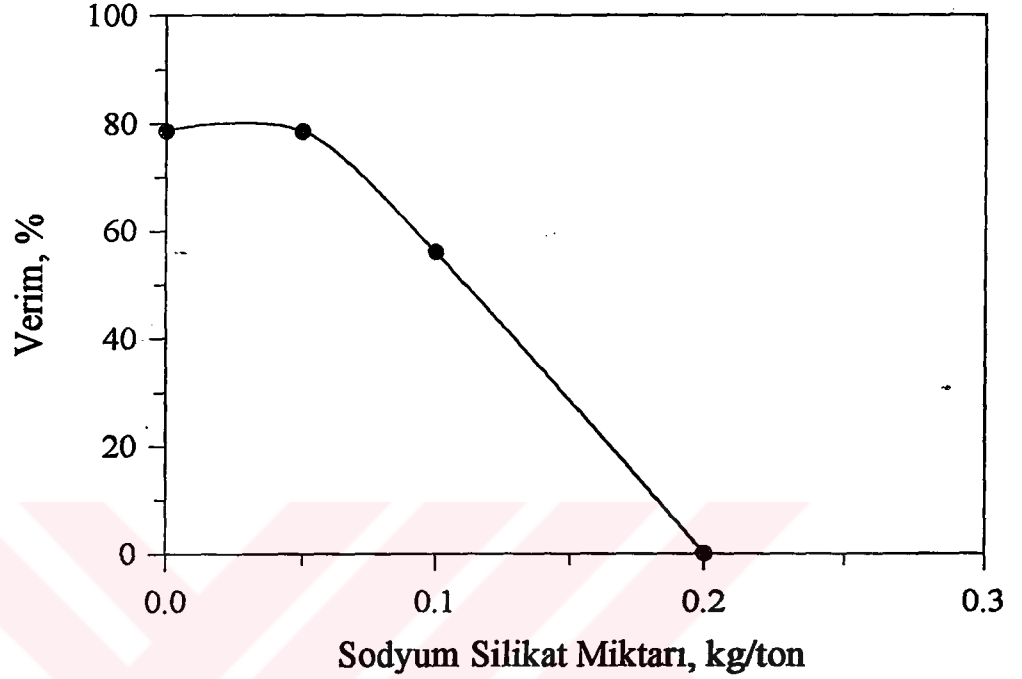
pH	7
Karıştırma Hızı, dev/dak	1500
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	10
Gazyağı Miktarı, L/ton	100
Katı Oranı, %	5
Kondisyon Süresi, dak	5
Toplayıcı Karıştırma Süresi, dak	1
Aglomerasyon Süresi, dak	5

4.1.1.1.10. Bastırıcılar

İkili mineral karışımlarında seçimliliği sağlamak amacıyla değişik bastırıcıların selestiti bastırmadaki etkisi araştırılmıştır. Selestitin aglomerasyonu için belirlenen optimum koşullarda sisteme sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebracho değişik miktarlarda ilave edilmiştir. Deneyler, Tablo 6'da verilen optimum koşullarda yapılmıştır. Bastırıcı miktarının etkisinin incelendiği deneylerde kondisyonlama süresinden sonra sisteme belirli miktarlarda bastırıcı ilave edilmiş ve 5 dak koşullandırılmıştır.

4.1.1.1.10.1. Sodyum Silikat

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 24'de verilmiştir.

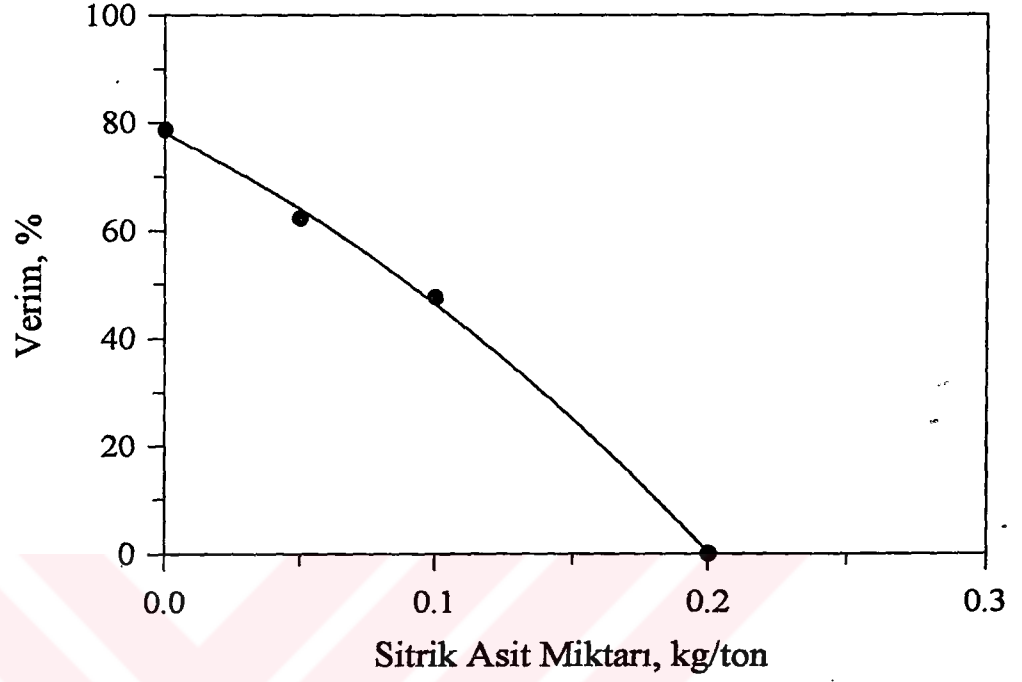


Şekil 24. Selestitin yağ aglomerasyonunda sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 24'den görülebileceği gibi, sodyum silikat miktarı arttıkça verim düşmüş ve 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında verim sıfır olmuştur. Ancak, deneyler sırasında sistemde elek üstünde kalmayacak büyüklükte küçük aglomeratların oluştuğu gözlenmiştir. Sisteme ilave edilen sodyum silikat miktarı 0,4 kg/ton'a ulaştığı zaman aglomerat oluşmadığı belirlenmiştir.

4.1.1.1.10.2. Sitrik Asit

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 25'de verilmiştir.

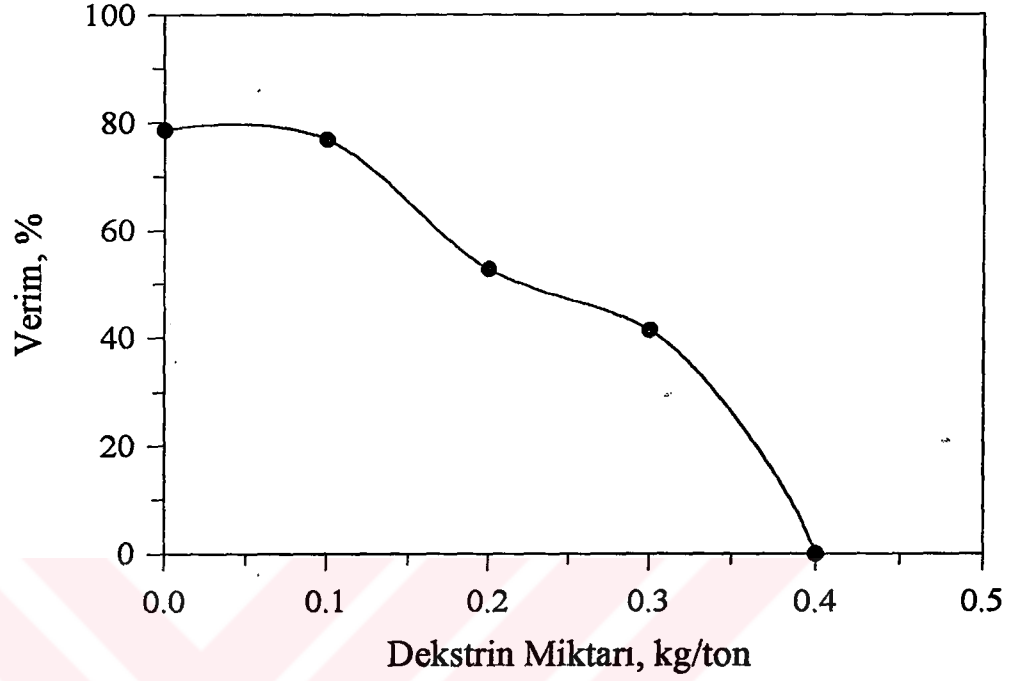


Şekil 25. Selestitin yağ aglomerasyonunda sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 25 incelendiğinde, 0,2 kg/ton sitrik asit miktarında verimin sıfır olduğu görülebilir. Ancak, 0,2 ve 0,3 kg/ton sitrik asit miktarlarında sistemde küçük aglomeratlar meydana gelmiş ve 0,4 kg/ton miktarında ise aglomerat oluşmamıştır.

4.1.1.1.10.3. Dekstrin

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 26'da verilmiştir.

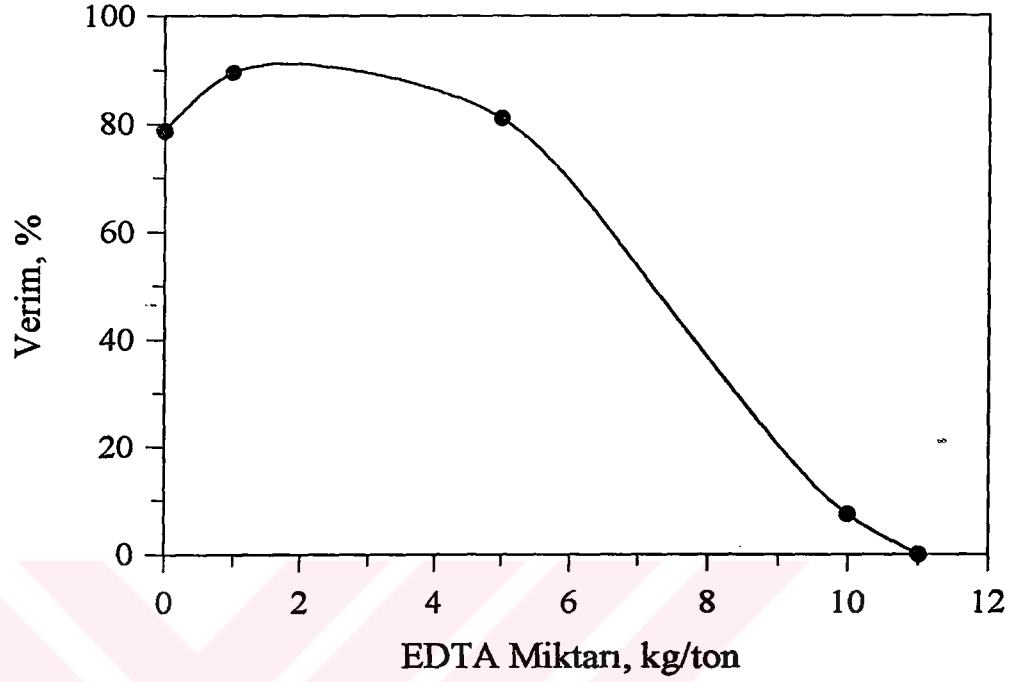


Şekil 26. Selestitin yağ aglomerasyonunda dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 26'dan görüldüğü gibi, 0,4 kg/ton dekstrin miktarında verim sıfır olmuştur. Ancak 0,8 kg/ton dekstrin miktarına kadar mikro aglomeratların meydana geldiği gözlemlenmiştir.

4.1.1.1.10.4. EDTA

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak EDTA miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 27'de sunulmuştur.

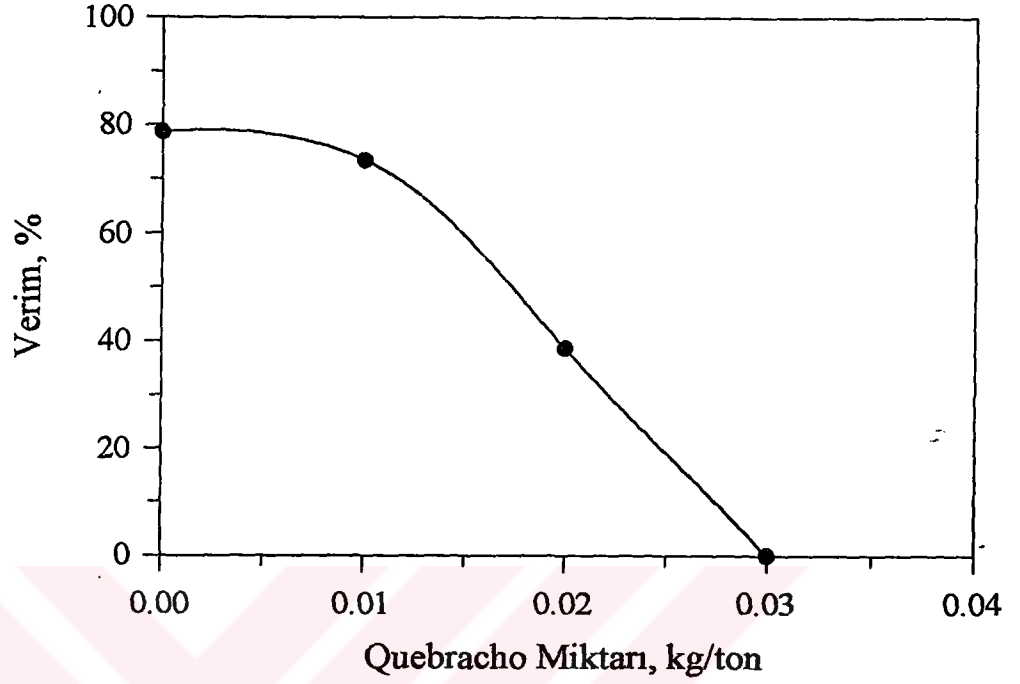


Şekil 27. Selestitin yağ aglomerasyonunda EDTA miktarının verim üzerindeki etkisi.

11 kg/ton EDTA miktarında verimin sıfır olduğu Şekil 27'den görülmektedir. Buna rağmen optimum EDTA miktarı olarak belirlenen 14 kg/ton EDTA miktarına kadar mikro aglomeratlar meydana gelmiştir.

4.1.1.1.10.5. Quebracho

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak quebracho miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 28'de sunulmuştur.



Şekil 28. Selestitin yağ aglomerasyonunda quebracho miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 28'den de görüldüğü gibi, 0,03 kg/ton quebracho kullanıldığı zaman selestitin aglomerasyon verimi sıfır olmaktadır, fakat selülde çok küçük boyutlu aglomeratlar meydana gelmektedir. Ancak, 0,05 kg/ton quebracho miktarında aglomeratların oluşmadığı gözlemlenmiştir.

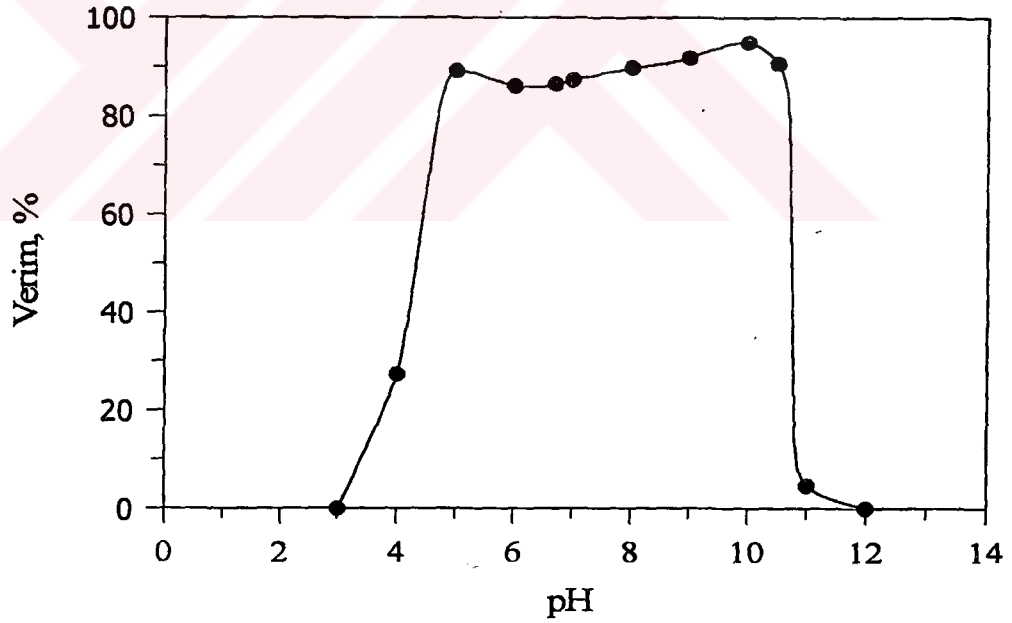
Sonuç olarak, selestitin yağ aglomerasyonunda kullanılan bastırıcıların miktarları dikkate alınarak karşılaştırıldığında en kötü bastırıcının 14 kg/ton kullanılması gereken EDTA, en iyi bastırıcının 0,05 kg/ton kullanılması gereken quebracho olduğu belirlenmiştir.

4.1.1.2. Barit

Baritin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde etkin olan parametrelerden pH, karıştırma hızı, bağlayıcı sıvı tipi ve miktarı, toplayıcı miktarı, katı oranı, aglomerasyon süresi ve ayrıca toplayıcı karıştırma ve kondisyon sürelerinin verim üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

4.1.1.2.1. pH

Baritin yağ aglomerasyonunda pH'nın verim üzerindeki etkisi Şekil 29'da verilmiştir.

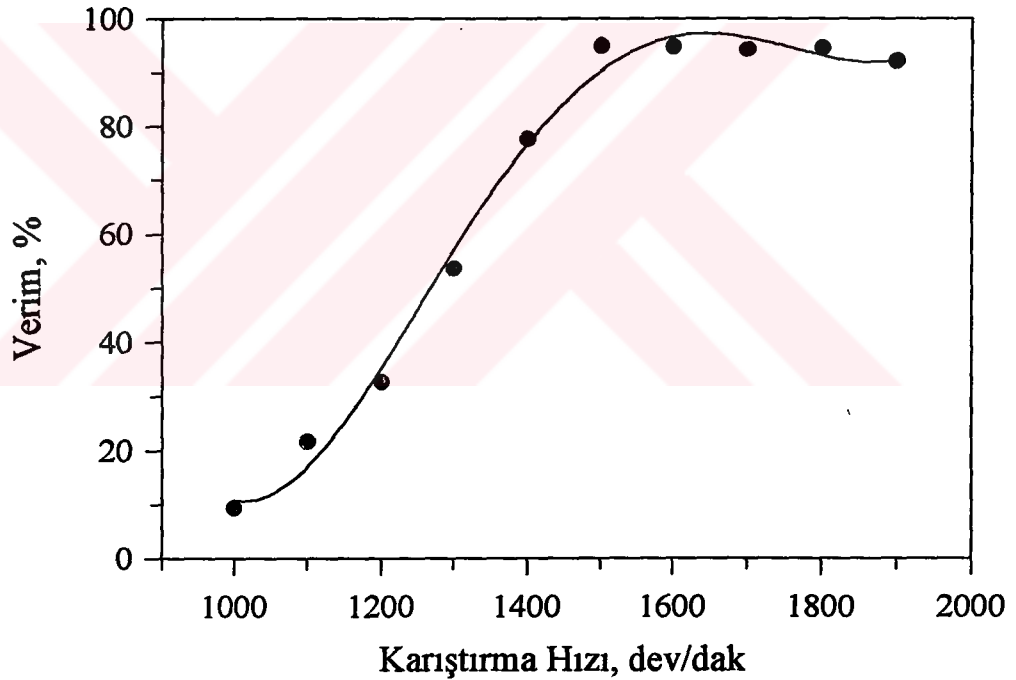


Şekil 29. Baritin yağ aglomerasyonunda pH'nın verim üzerindeki etkisi (karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; Na-Oleat: 5 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 29'dan görüldüğü gibi, çalışılan deney koşullarında en yüksek verime pH 10'da ulaşılmıştır. Bu nedenle daha sonra yapılan deneylerde bu pH değeri esas alınmıştır.

4.1.1.2.2. Karıştırma Hızı

Baritin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının etkisini ve optimum karıştırma hızını belirlemek amacıyla farklı karıştırma hızlarında deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 30'da verilmiştir.



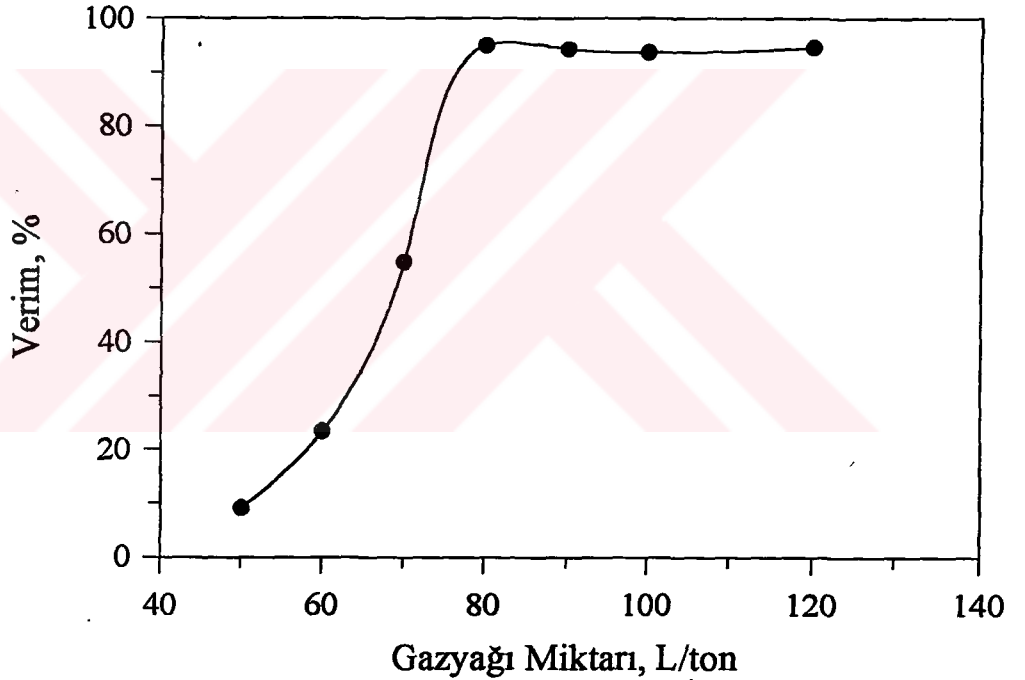
Şekil 30. Baritin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; gazyağı: 80 L/ton; Na-Oleat: 5 kg/ton; "katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 30'dan görüldüğü gibi, karıştırma hızı yükseldikçe aglomerasyon verimi de yükselmiş, 1500 dev/dak karıştırma hızından sonra verim fazla değişmemiş ancak 1900 dev/dak karıştırma hızından sonra verimde çok az da olsa

bir azalma söz konusudur. 1500 dev/dak karıştırma hızı yeterli olduğu görülmüş ve optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.3. Bağlayıcı Sıvı Miktarı

Bağlayıcı sıvı olarak gazyağının baritin yağ aglomerasyonundaki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 31’de verilmiştir.



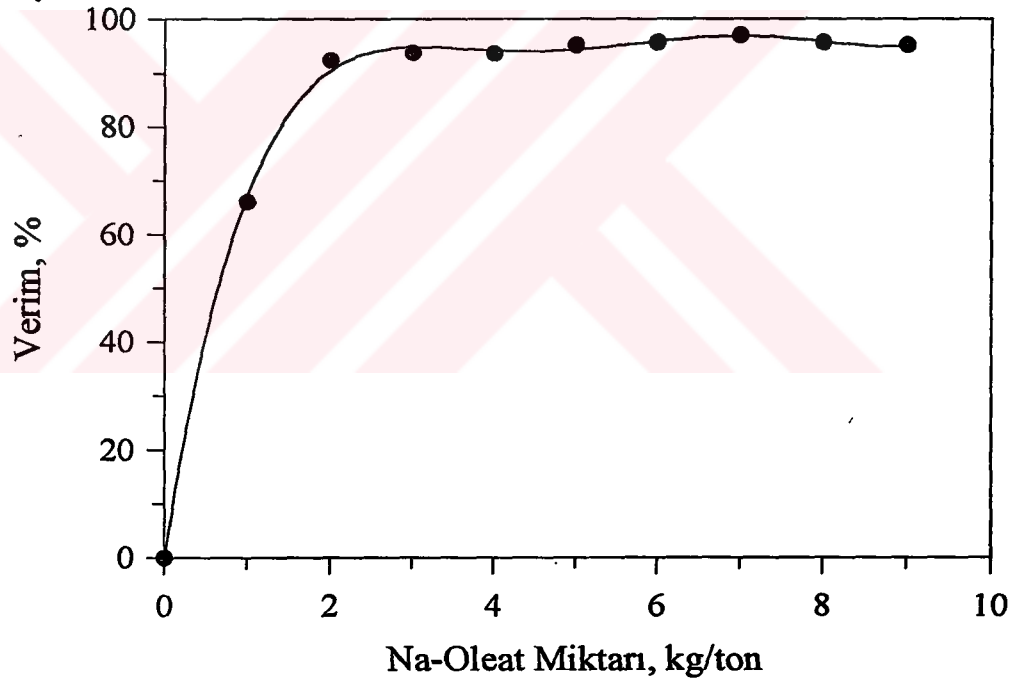
Şekil 31. Baritin yağ aglomerasyonunda gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; Na-Oleat: 5 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 31’den, gazyağı miktarı arttıkça elde edilen aglomeratların veriminin arttığı ve 80 L/ton gazyağı miktarında %95,17 verime ulaşıldığı görülmektedir. Gazyağı miktarı daha da yükseltildiği zaman oluşan aglomeratların şekli küresel olmaktan uzaklaşmakta ve pasta görünümü almaktadır. Düşük gazyağı

miktarlarında ise elde edilen aglomeratlar küçük taneli olmaktadır. Bu nedenle maksimum verimin elde edildiği ve küreselliğin bozulmadığı 80 L/ton gazyağı miktarı optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.4. Toplayıcı Miktarı

Baritin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak Na-Oleat kullanılmış ve verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 32’de verilmiştir.



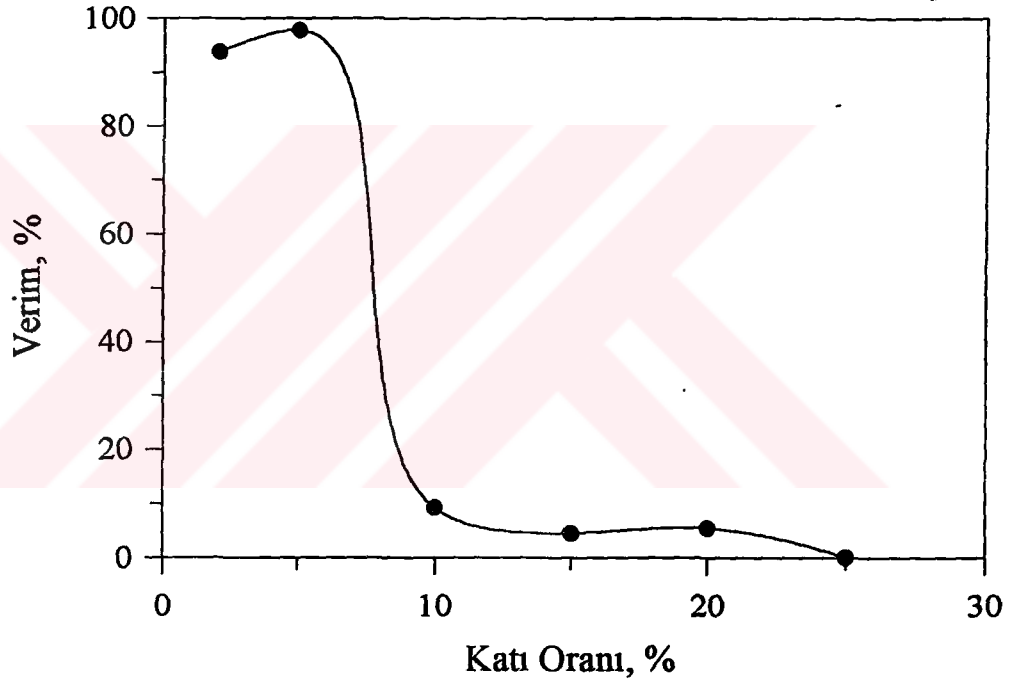
Şekil 32. Baritin yağ aglomerasyonunda Na-Oleat miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 32 incelendiğinde, Na-Oleat miktarı 3 kg/ton’a kadar verim hızlı bir şekilde artmış, daha yüksek miktarlarda ise fazla bir değişim meydana

gelmemiştir. Sonuç olarak %93,83 verimin elde edildiği 3 kg/ton optimum Na-Oleat miktarı olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.5. Katı Oranı

Katı oranının değişmesiyle baritin yağ aglomerasyonu veriminin değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 33'de verilmiştir.

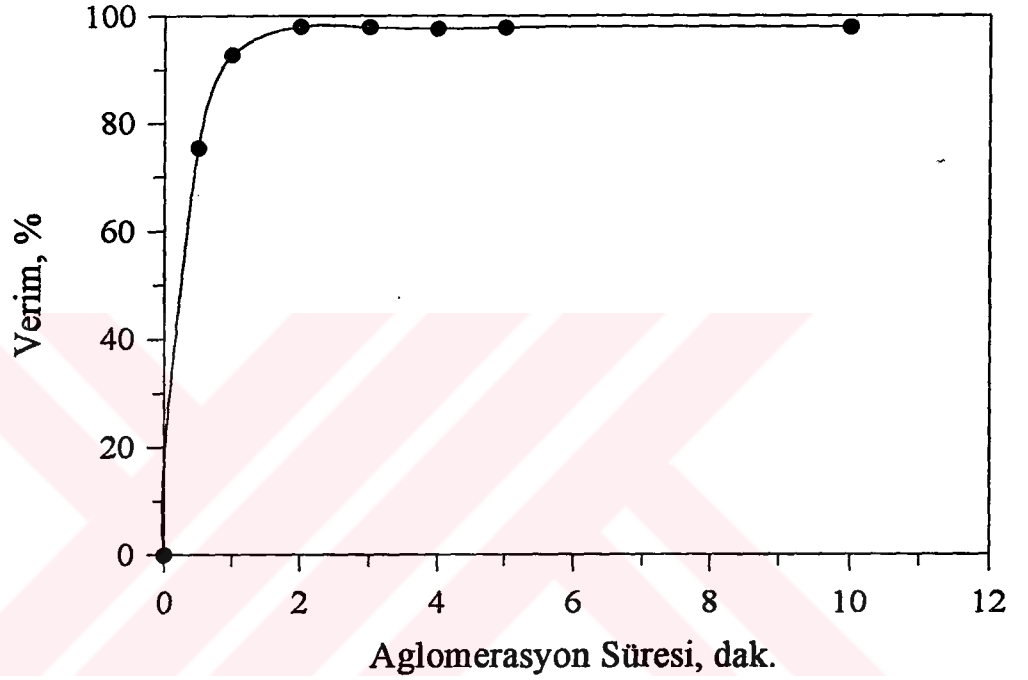


Şekil 33. Baritin yağ aglomerasyonunda katı oranının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 33'den de görüldüğü gibi, katı oranı %5'de maksimum verime ulaşılmıştır. Katı oranının %10 ve daha yüksek olduğu değerlerde tanelerin birbirlerini etkilemesinden dolayı verim çok düşmüş, %25 katı oranında sıfıra yakın bir değer elde edilmiştir. Bu nedenle, maksimum verimin %97,85 olarak elde edildiği %5 katı oranı optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.6. Aglomerasyon Süresi

Aglomerasyon veriminin süreye bağlı değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 34’de verilmiştir.

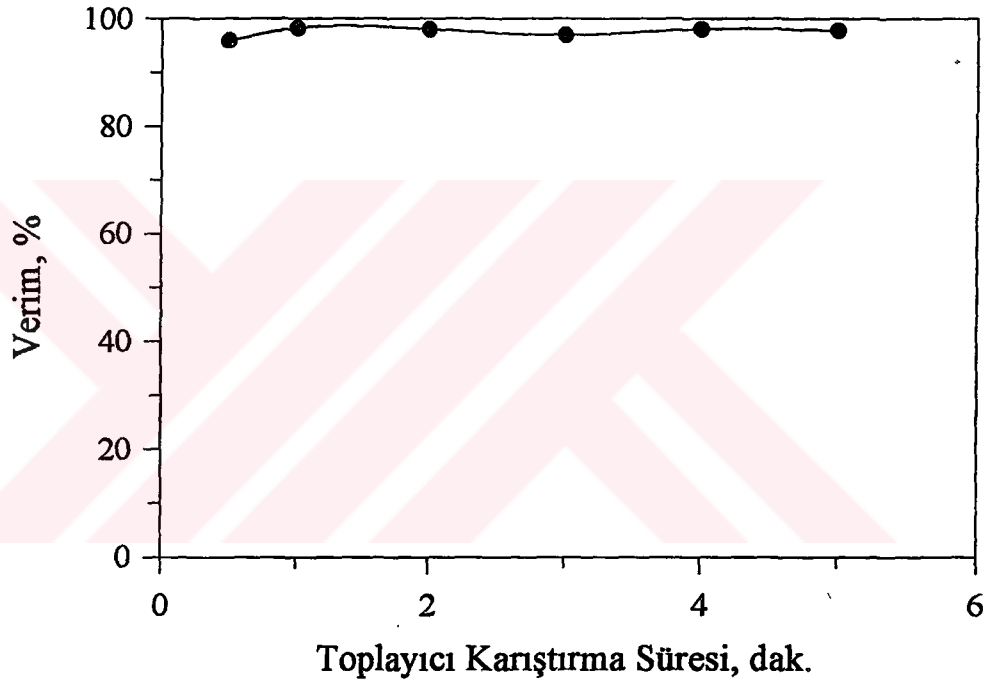


Şekil 34. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak).

Aglomeratların oluşması için 1 dak aglomerasyon süresi yeterli olmuş ve 1 dakikaya kadar verim çok hızlı bir şekilde yükselmiş, daha sonraki aglomerasyon sürelerinde verimde fazla bir değişme olmamıştır. En yüksek verimin (%98,07) elde edildiği 2 dak aglomerasyon süresi optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi

Sisteme toplayıcı ilave edildikten sonra bağlayıcı sıvı ilave edilene kadar geçen sürenin baritin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 35’de verilmiştir.

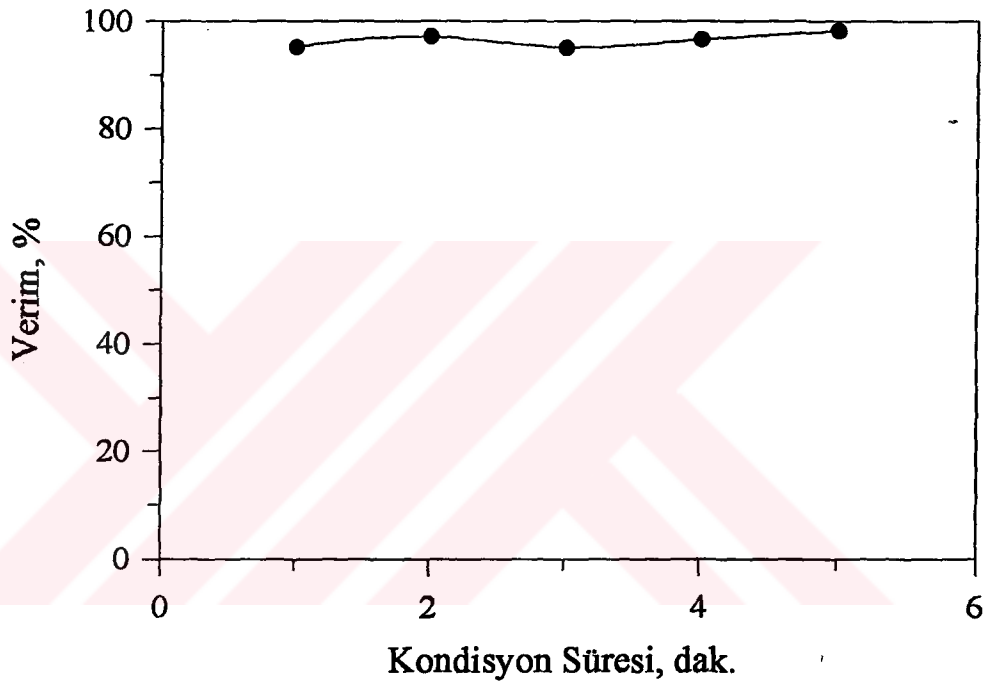


Şekil 35. Baritin yağ aglomerasyonunda toplayıcı karıştırma süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; aglomerasyon süresi: 2 dak).

Toplayıcı karıştırma süresinin artmasıyla baritin yağ aglomerasyonu veriminde fazla bir değişme meydana gelmemiştir. Verimin %98,27 olduğu 1 dak toplayıcı karıştırma süresi, optimum toplayıcı karıştırma süresi olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.8. Kondisyon Süresi

Kondisyon süresinin baritin yağ aglomerasyonunda verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla deneyler yapılmış, elde edilen sonuçlar Şekil 36'da verilmiştir.

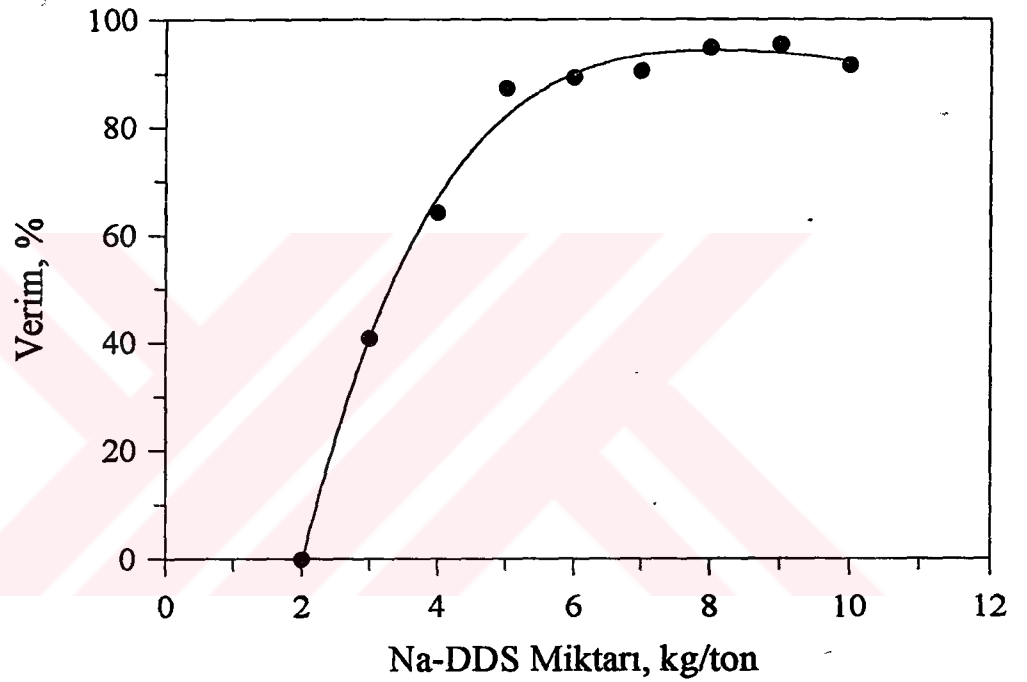


Şekil 36. Baritin yağ aglomerasyonunda kondisyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 2 dak).

%97,20 verimin elde edildiği 2 dak kondisyonlama süresi optimum olarak belirlenmiştir. Yüksek kondisyon sürelerinde, verim değeri çok fazla değişmemiştir.

4.1.1.2.9. Na-DDS Miktarı

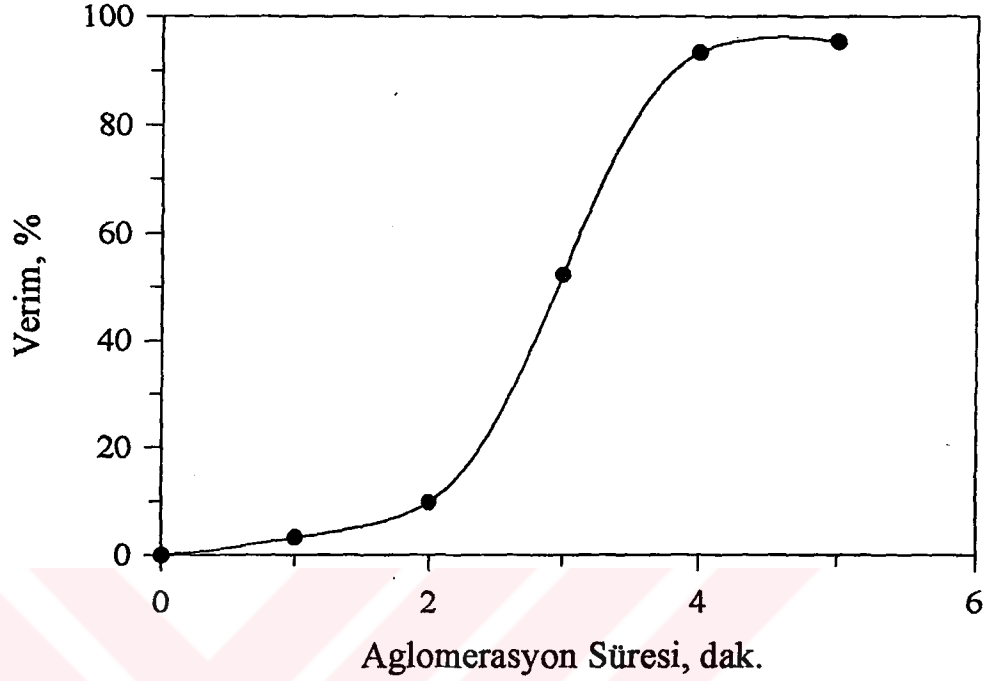
Optimum koşullar belirlendikten sonra farklı bir toplayıcının etkisini belirlemek amacıyla Na-DDS kullanılarak aglomerasyon deneyleri yapılmış ve elde edilen verim değerleri Şekil 37’de verilmiştir.



Şekil 37. Baritin yağ aglomerasyonunda Na-DDS miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 37’den de görüldüğü gibi, Na-DDS miktarı arttıkça aglomerasyon verimi yükselmiştir. En yüksek verimin %95,40 olarak elde edildiği 9 kg/ton Na-DDS miktarı optimum olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, 9 kg/ton Na-DDS miktarında, aglomerasyon süresindeki değişimi belirlemek amacıyla deneyler yapılmış, elde edilen sonuçlar Şekil 38’de verilmiştir.



Şekil 38. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 80 L/ton; NaDDS: 9 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak).

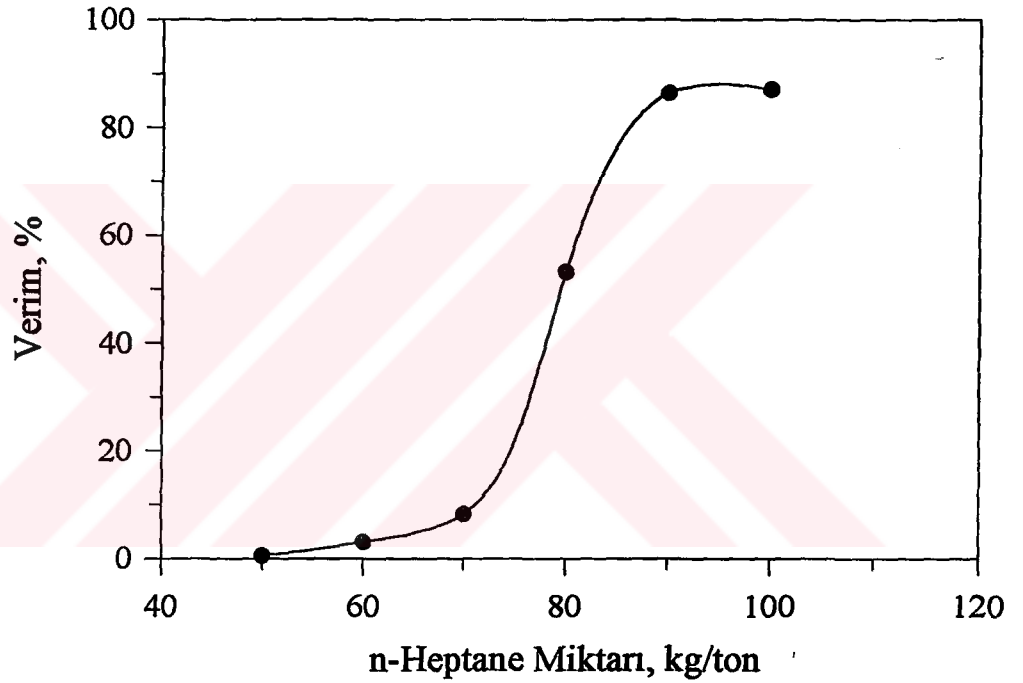
Şekil 38'den görülebileceği gibi, aglomerasyon süresi arttıkça verim de yükselmiş %95,40 verimin elde edildiği 5 aglomerasyon süresi optimum olarak belirlenmiştir.

Toplayıcı olarak Na-Oleat kullanıldığında, 3 kg/ton Na-Oleat miktarında ve 2 dak aglomerasyon süresinde barit %98,07'lik bir verimle aglomera edilirken; Na-DDS kullanıldığında ise, 9 kg/ton Na-DDS miktarında ve 5 dak aglomerasyon süresinde %95,40'lık bir verime ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, hem daha kısa aglomerasyon süresi hem de daha yüksek verime Na-Oleat kullanıldığında ulaşıldığından, Na-Oleat'ın Na-DDS'ye göre daha iyi bir toplayıcı olduğu ortaya konmuştur.

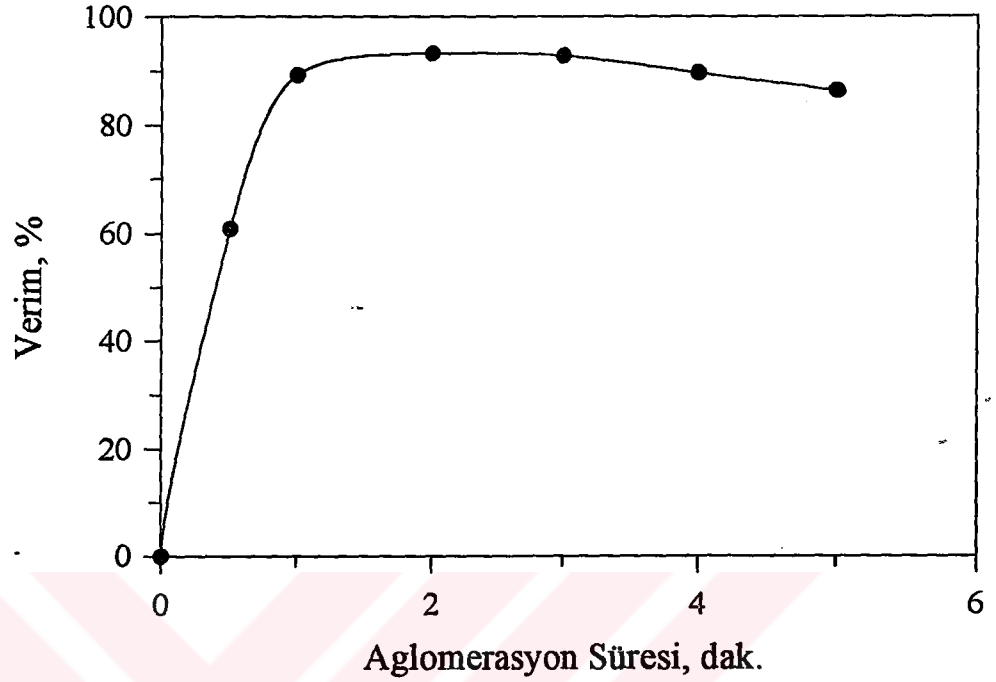
4.1.1.2.10. n-Heptane Miktarı

Baritin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde optimum koşullar belirlendikten sonra, bağlayıcı olarak n-Heptane kullanılmış ve n-Heptane miktarına bağlı olarak aglomerasyon veriminin değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 39. Baritin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

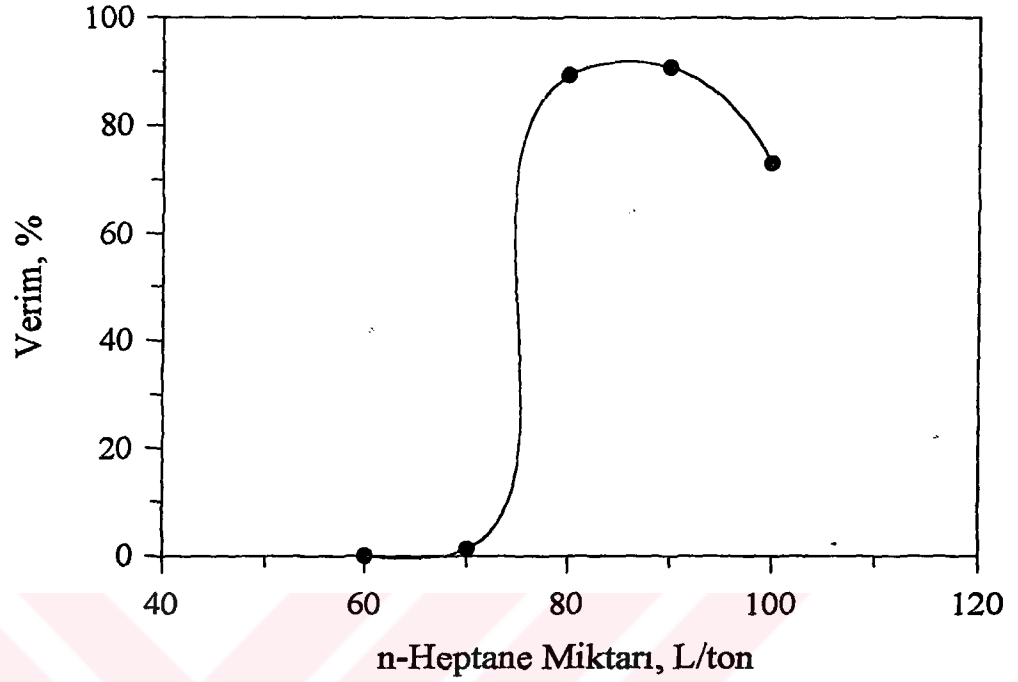
Şekil 39'dan görüldüğü gibi, n-Heptane miktarı arttıkça baritin yağ aglomerasyonunda verim artmakta ancak, 90 L/ton n-Heptane miktarından sonra önemli bir değişim olmamaktadır. Bu nedenle, optimum n-Heptane miktarı 90 L/ton olarak belirlenmiştir. Şekil 40'da baritin aglomerasyon veriminin süreye bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 40. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; n-Heptane: 90 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak)

Şekil 40'dan görüldüğü gibi, en yüksek aglomerasyon verimine (%93,27) 2 dak aglomerasyon süresinde ulaşılmıştır. Daha yüksek aglomerasyon sürelerinde verim azalmaya başlamıştır. Bu nedenle 2 dak aglomerasyon süresi optimum olarak belirlenmiştir.

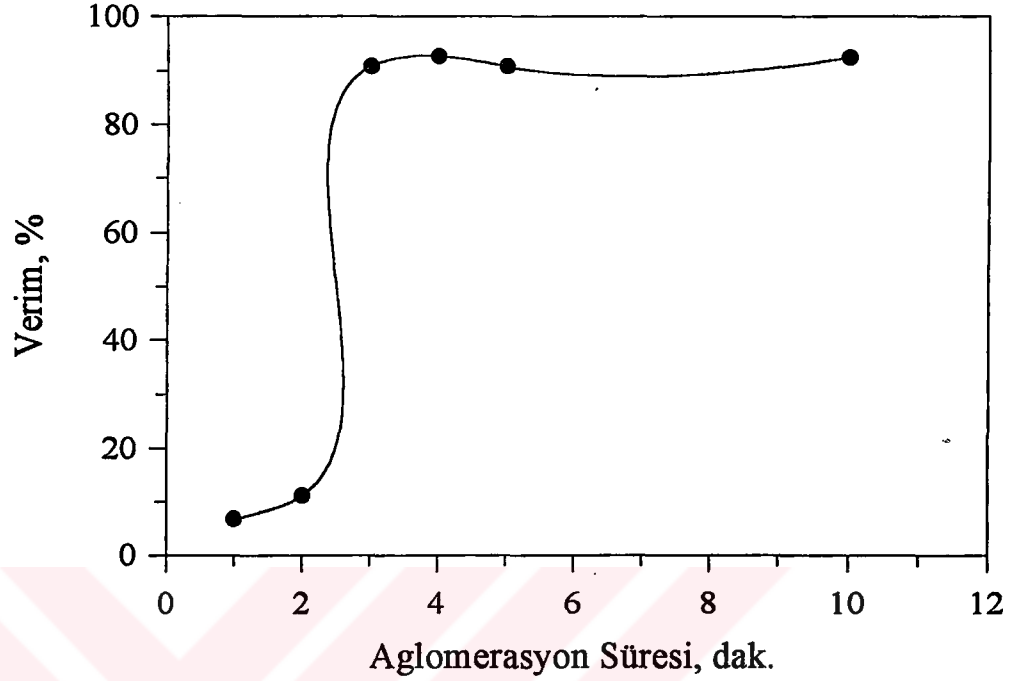
Toplayıcı olarak Na-DDS kullanıldığında n-Heptane miktarının barit aglomerasyon verimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 41'de verilmiştir.



Şekil 41. Baritin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; NaDDS: 9 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 2 dak)

Şekil 41'den görüldüğü gibi, 60 L/ton n-Heptane miktarında aglomerat elde edilememiş, 90 L/ton miktarında ise maksimum verime (%90,80) ulaşılmıştır.

En yüksek verimle aglomerat elde edildiği 90 L/ton n-Heptane miktarı optimum olarak belirlenmiş ve bu miktarda n-Heptane kullanıldığında verimin aglomerasyon süresi ile değişimini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 42'de verilmiştir.



Şekil 42. Baritin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; n-Heptane: 90 L/ton; NaDDS: 9 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak)

Aglomerasyon süresi 2 dakikanın altında verim çok düşük olmaktadır. Daha sonra verim hızlı bir şekilde yükselmekte ve 4 dak aglomerasyon süresinde %92,73 ile maksimum değere ulaşmaktadır. 4 dakikanın üzerindeki aglomerasyon sürelerinde ise verimde fazla bir değişme meydana gelmemektedir. Bu nedenle maksimum verimin elde edildiği 4 dak optimum aglomerasyon süresi olarak belirlenmiştir.

Bağlayıcı sıvı olarak n-Heptane kullanıldığında en yüksek verime (%93,27) 3 kg/ton Na-Oleat ile ulaşılmıştır. Bağlayıcı sıvı olarak gazyağı kullanıldığında ise en yüksek verime (%98,07) yine 3 kg/ton Na-Oleat miktarında ulaşılmıştır.

Toplayıcı olarak Na-Oleat, bağlayıcı sıvı olarak gazyağı ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Baritin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde optimum koşullar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Baritin yağ aglomerasyon optimum koşulları.

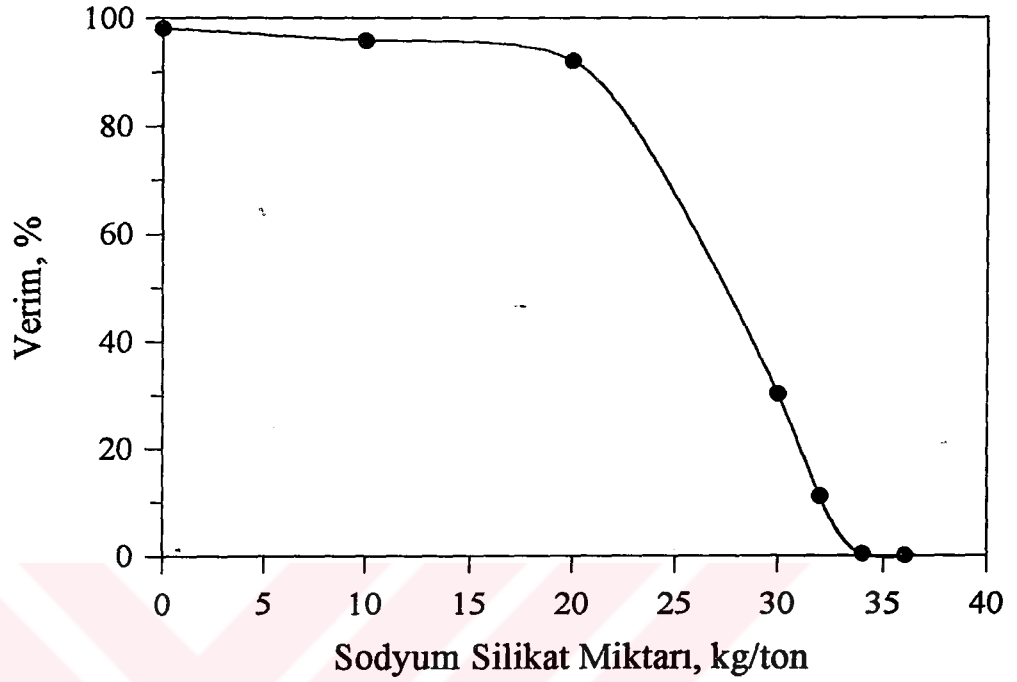
pH	10
Karıştırma Hızı, dev/dak	1500
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	3
Gazyağı Miktarı, L/ton	80
Katı Oranı, %	5
Kondisyon Süresi, dak	2
Toplayıcı Karıştırma Süresi, dak	1
Aglomerasyon Süresi, dak	2

4.1.1.2.11. Bastırıcılar

İkili mineral karışımlarında seçimliliği sağlamak amacıyla değişik bastırıcıların bariti bastırmadaki etkisi araştırılmıştır. Baritin aglomerasyonu için belirlenen optimum koşullarda sisteme sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebracho değişik miktarlarda ilave edilmiştir. Deneyler, Tablo 7’de verilen optimum koşullarda yapılmıştır. Bastırıcı miktarının etkisinin incelendiği deneylerde 2 dak kondisyonlama süresinden sonra sisteme belirli miktarlarda bastırıcı ilave edilmiş ve 5 dak koşullandırılmıştır.

4.1.1.2.11.1. Sodyum Silikat

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 43’de verilmiştir.

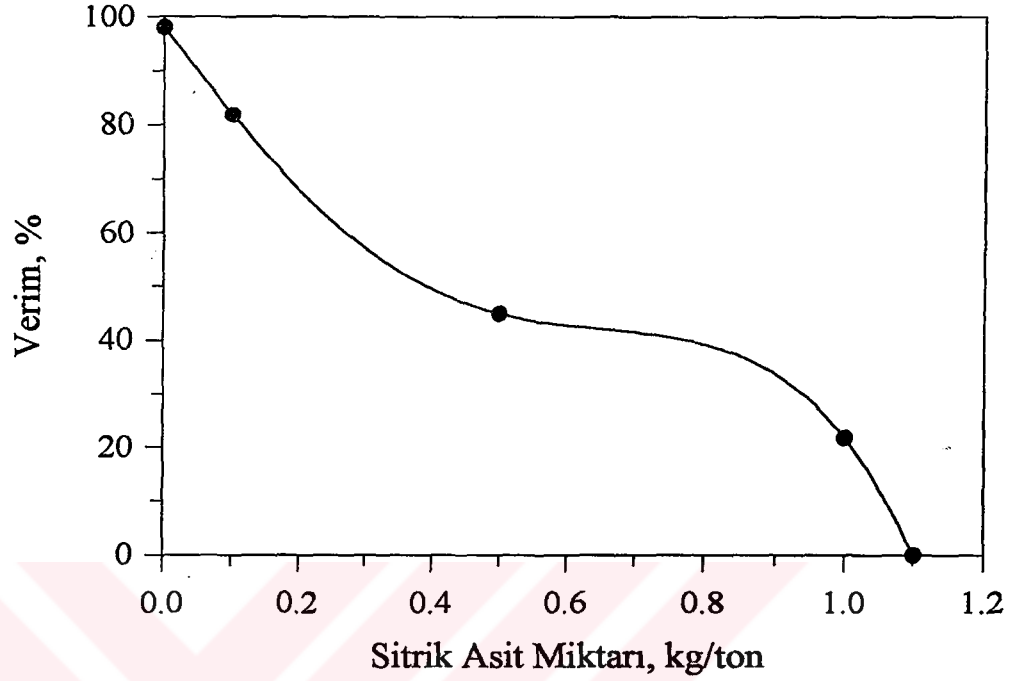


Şekil 43. Baritin yağ aglomerasyonunda sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisi.

36 kg/ton sodyum silikat miktarında verimin sıfır olduğu Şekil 43'den görülmektedir. Fakat, selülde mikro aglomeratların oluşumu 38 kg/ton sodyum silikat miktarına kadar devam etmektedir.

4.1.1.2.11.2. Sitrik Asit

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 44'de verilmiştir.

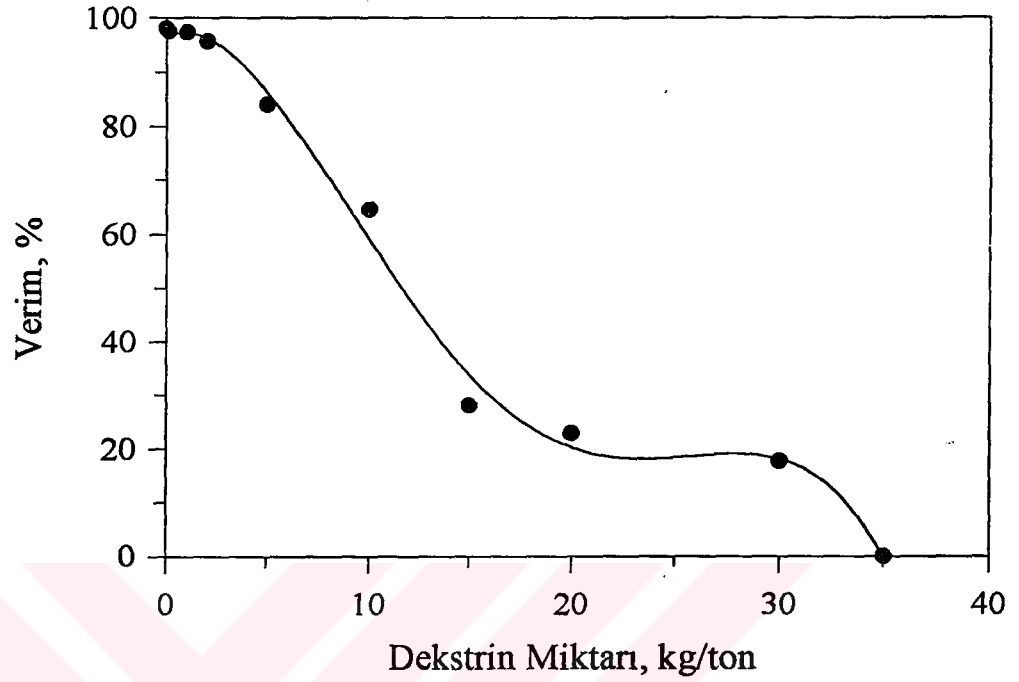


Şekil 44. Baritin yağ aglomerasyonunda sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 44 incelendiğinde, 1,1 kg/ton sitrik asit miktarında verimin sıfır olduğu görülebilir. Ancak, mikro aglomeratların oluşmaması için gerekli miktar 1,2 kg/ton olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.11.3. Dekstrin

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 45'de verilmiştir.

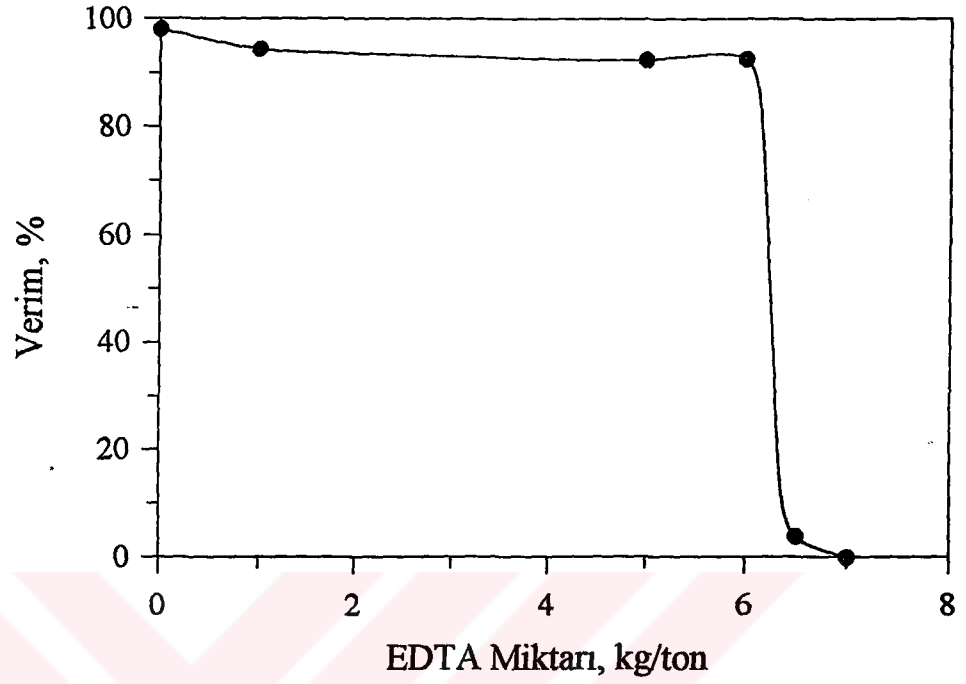


Şekil 45. Baritin yağ aglomerasyonunda dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 45'den görüldüğü gibi, dekstrin miktarı arttıkça verim azalmış ve 35 kg/ton dekstrin miktarında verim değeri sıfıra ulaşmıştır. Ancak, mikro aglomeratların oluşumu 40 kg/ton dekstrin miktarına kadar devam etmiştir.

4.1.1.2.11.4. EDTA

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak EDTA miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 46'da verilmiştir.

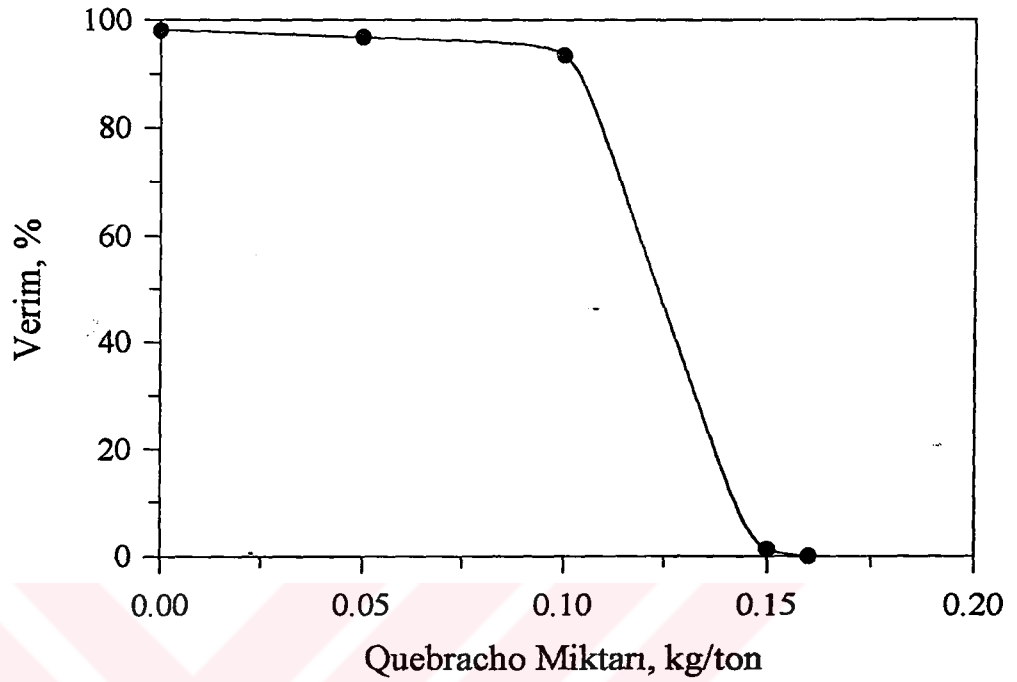


Şekil 46. Baritin yağ aglomerasyonunda EDTA miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 46'dan görüldüğü gibi, 7 kg/ton EDTA miktarında aglomerasyon verimi sıfır olmuştur. Ancak, mikro aglomeratların oluşumu 8 kg/ton EDTA miktarına kadar devam etmiştir.

4.1.1. 2.11.5. Quebracho

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak quebracho miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 47'de verilmiştir.



Şekil 47. Baritin yağ aglomerasyonunda quebracho miktarının verim üzerindeki etkisi.

Baritin yağ aglomerasyonunda, bastırıcı olarak 0,16 kg/ton quebracho miktarında aglomerat elde edilemediği Şekil 47'den görülmektedir. Ancak, mikro aglomeratların oluşumu 0,18 kg/ton quebracho miktarına kadar devam etmiştir.

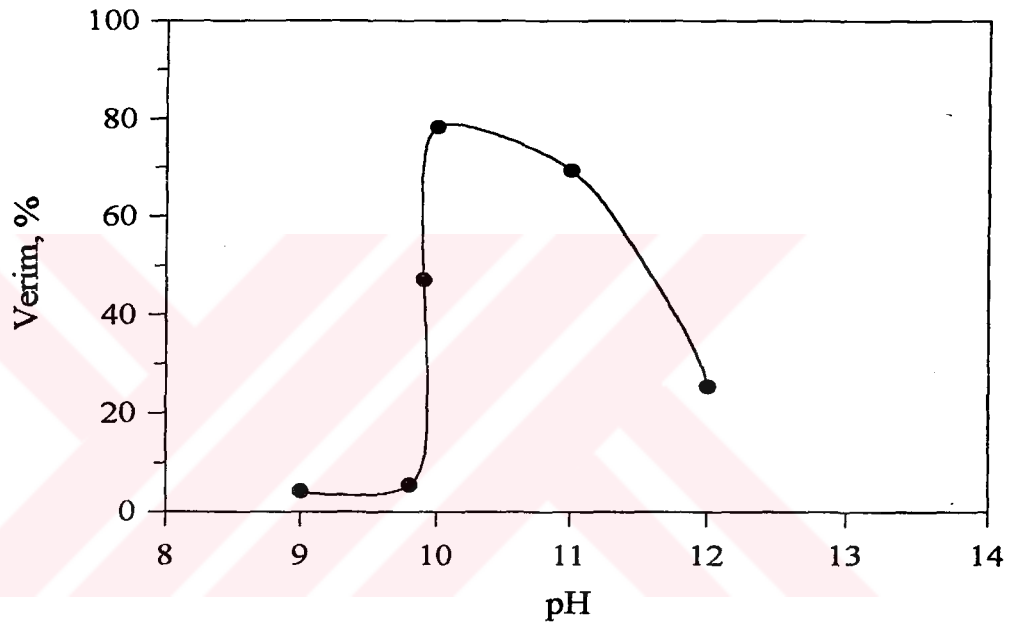
Sonuç olarak, baritin yağ aglomerasyonunda kullanılan bastırıcıları miktarları dikkate alarak karşılaştırdığımızda, en kötü bastırıcının 40 kg/ton kullanılması gereken dekstrin, en iyi bastırıcının 0,18 kg/ton kullanılması gereken quebracho olduğu belirlenmiştir.

4.1.1.3. Kalsit

Kalsitin yağ aglomerasyonunda etkin olan parametrelerden pH, karıştırma hızı, bağlayıcı sıvı tipi ve miktarı, toplayıcı miktarı, katı oranı, aglomerasyon süresi ve ayrıca toplayıcı karıştırma ve kondisyon sürelerinin verim üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

4.1.1.3.1. pH

pH'in kalsitin aglomerasyon verimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 48'de verilmiştir.

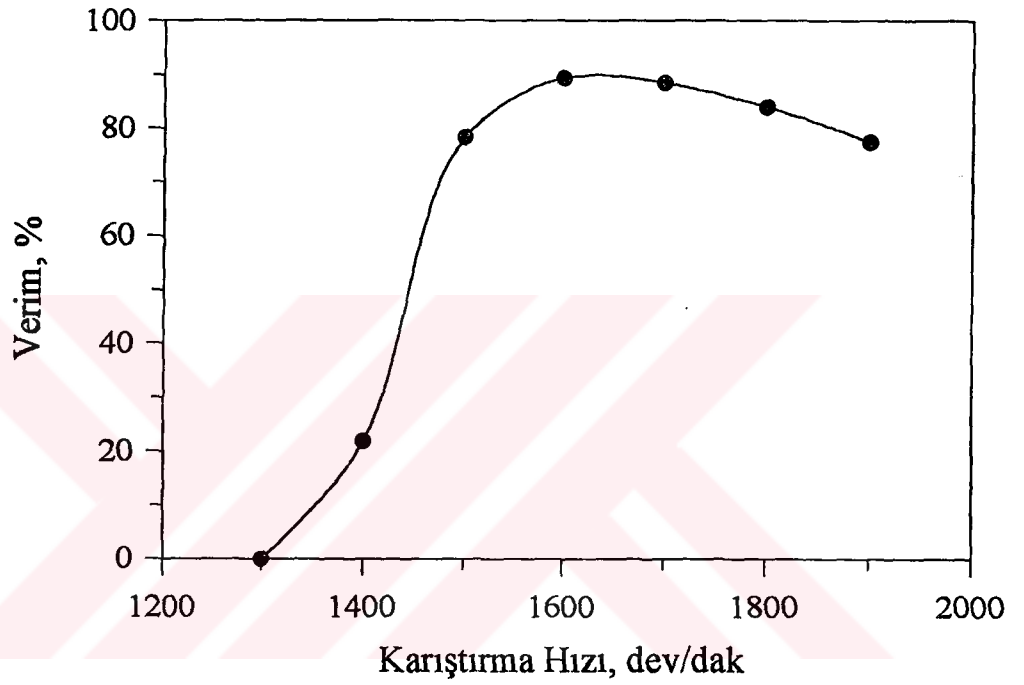


Şekil 48. Kalsitin yağ aglomerasyonunda pH'nın verim üzerindeki etkisi (karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 150 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Kalsitin yağ aglomerasyonunda pH'nın verim üzerindeki etkisi sadece bazik ortamda incelenmiştir. Bilindiği gibi asidik ortamda kalsit çözünmektedir. Şekil 48'den de görüldüğü gibi, pH 10'da en yüksek verime %78,33 ile ulaşılmış, pH 9 ve 12'de verim çok düşük olmuştur. Bu nedenle, optimum pH 10 olarak belirlenmiş ve bundan sonraki deneyler pH 10'da yapılmıştır.

4.1.1.3.2. Karıştırma Hızı

Karıştırma hızının kalsitin yağ aglomerasyonunda verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 49'da verilmiştir.

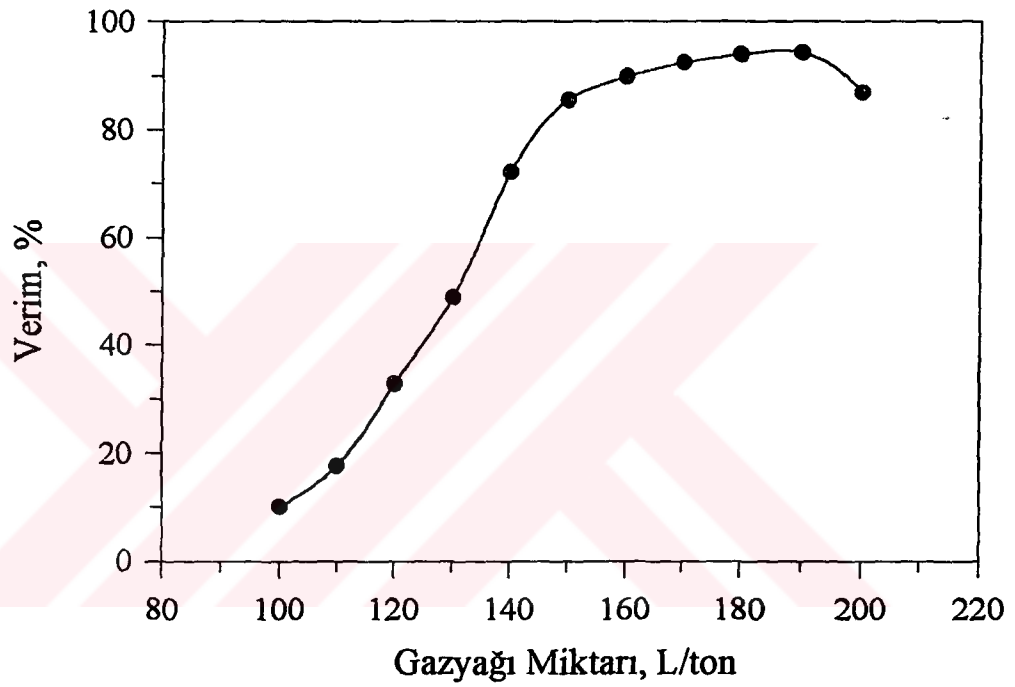


Şekil 49. Kalsitin yağ aglomerasyonunda karıştırma hızının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; gazyağı: 150 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

1300 dev/dak karıştırma hızında aglomerat elde edilemediği, karıştırma hızı arttıkça verimin hızlı bir şekilde yükseldiği, 1600 dev/dak karıştırma hızında %89,33 gibi bir değerle maksimum verime ulaşıldığı, Şekil 49'dan görülmektedir. Ayrıca, karıştırma hızı arttıkça oluşan aglomeratların parçalanmaya başlamasından dolayı verimde düşme eğilimi görülmüştür. Bu nedenle, en yüksek verimin elde edildiği 1600 dev/dak karıştırma hızı optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.3. Bağlayıcı Sıvı Miktarı

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bağlayıcı sıvı olarak gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 50'de verilmiştir.

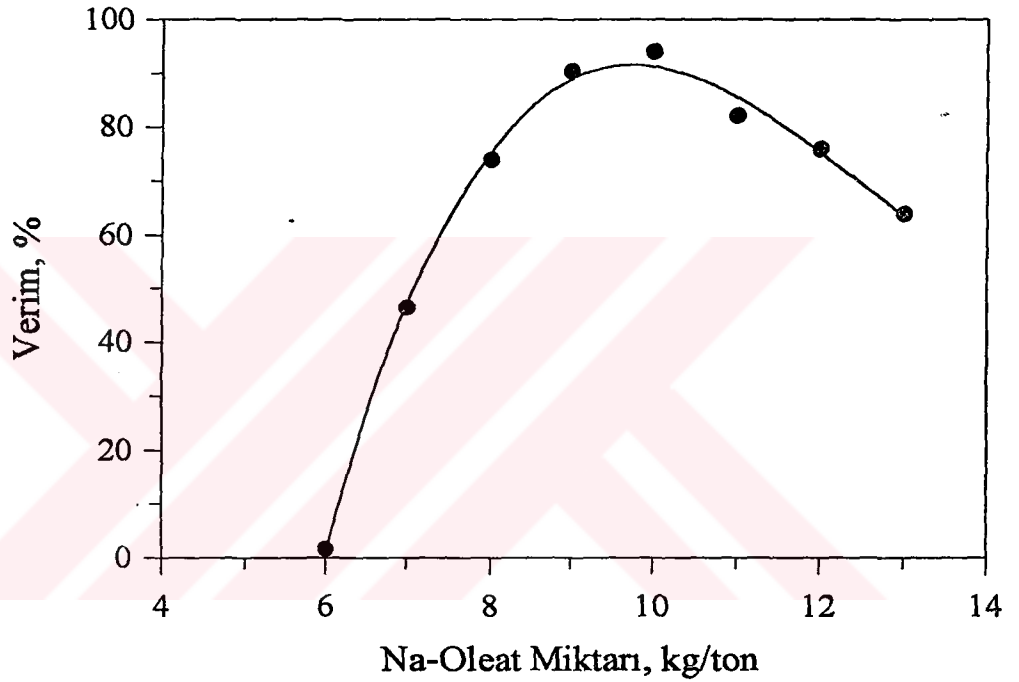


Şekil 50. Kalsitin yağ aglomerasyonunda gazyağı miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 50 incelendiğinde, bağlayıcı sıvı miktarı arttıkça verimin arttığı görülmektedir. Aglomeratların küresel özelliği bozulmadan en yüksek verimin (%94,00) elde edildiği 180 L/ton gazyağı miktarı optimum bağlayıcı miktarı olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.4. Toplayıcı Miktarı

Toplayıcı miktarının kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Na-Oleat kullanılmış ve bulunan sonuçlar Şekil 51’de sunulmuştur.



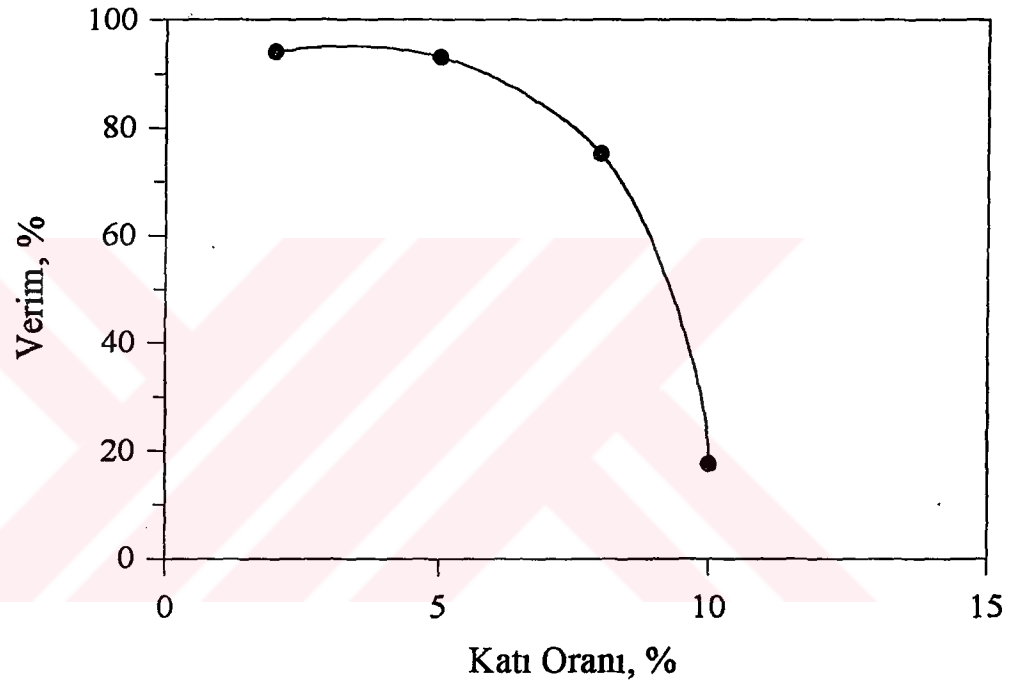
Şekil 51. Kalsitin yağ aglomerasyonunda Na-Oleat miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; gazyağı: 180 L/ton; katı oranı: %2; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 51’den de görülebileceği gibi Na-Oleat miktarı 6 kg/ton’da hemen hemen hiç aglomerat elde edilememiştir. Na-Oleat miktarı arttıkça aglomerasyon verimi de artmış, 10 kg/ton miktarında maksimuma ulaştıktan sonra tekrar azalmaya başlamıştır. En yüksek verimin (%94,00) elde edildiği 10 kg/ton Na-Oleat miktarı optimum olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, toplayıcı olarak farklı miktarlarda Na-DDS (10, 15, 20, 30 ve 40 kg/ton) ile de deneyler yapılmış fakat aglomerat elde edilememiştir.

4.1.1.3.5. Katı Oranı

Katı oranının kalsitin yağ aglomerasyonunda verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 52’de verilmiştir.

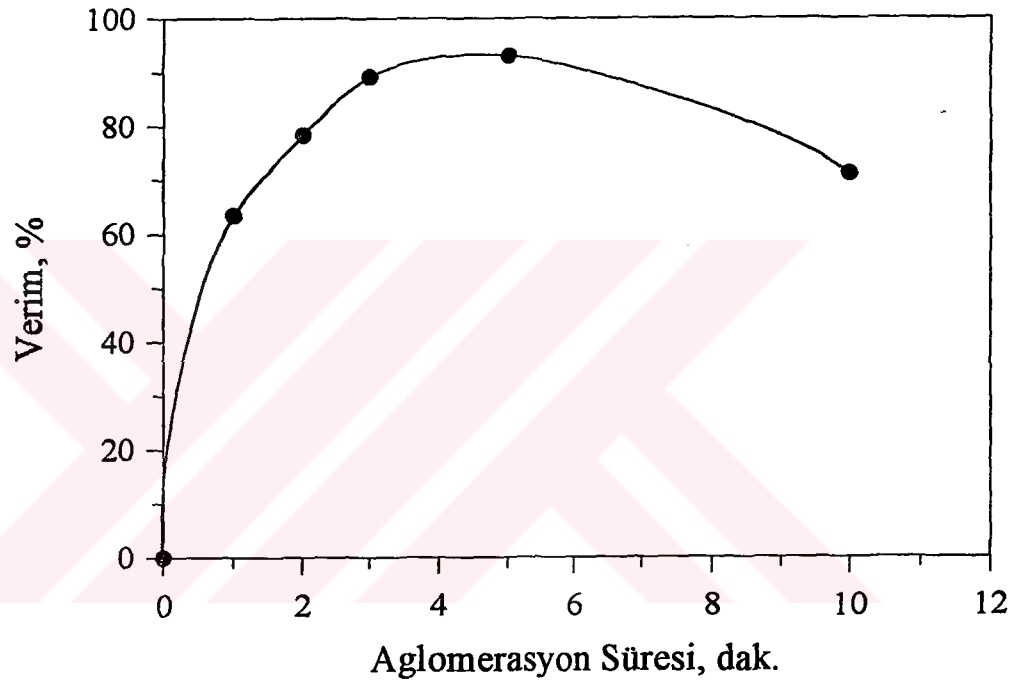


Şekil 52. Kalsitin yağ aglomerasyonunda katı oranının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; gazyağı: 180 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 52’den görülebileceği gibi, katı oranı arttıkça aglomerasyon verimi azalmıştır. Özellikle %10 katı oranında verim çok düşmüştür. Deneyler sonucunda optimum katı oranı %5 olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.6. Aglomerasyon Süresi

Sisteme bağlayıcı sıvı ilave edildikten sonra aglomeratların oluşması için verilen aglomerasyon süresinin kalsitin yağ aglomerasyonunda verim üzerindeki etkisinin belirlemek amacıyla deneylerin sonuçları Şekil 53’de verilmiştir.

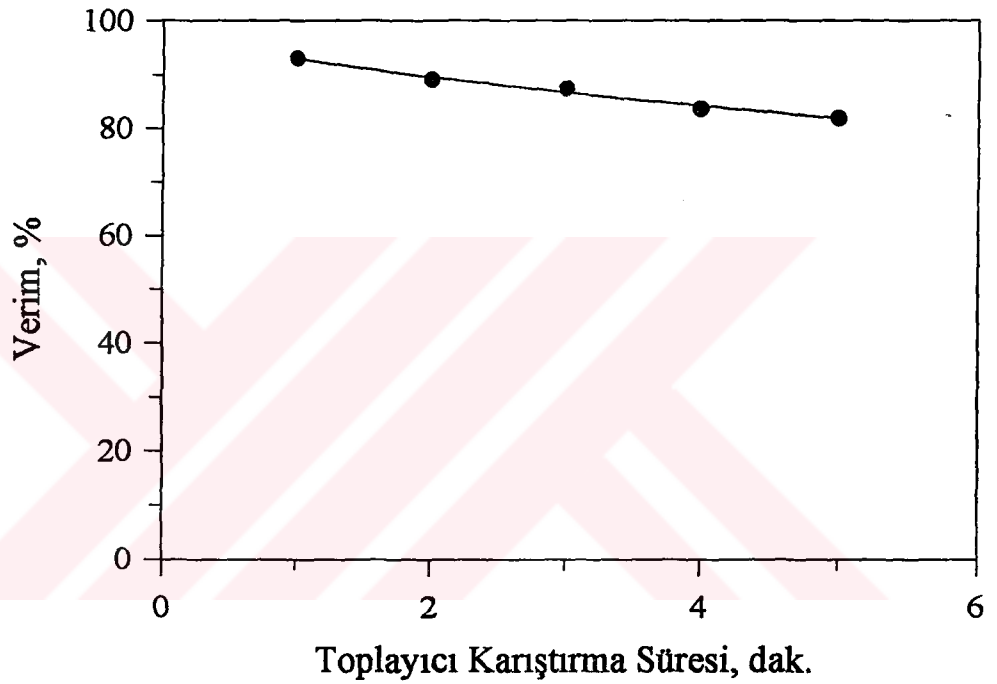


Şekil 53. Kalsitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; gazyağı: 180 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak).

Aglomerasyon süresinin artmasıyla verimin hızlı bir şekilde yükseldiği Şekil 53’den görülmektedir. En yüksek aglomerasyon verimine (%93,10) 5 dak aglomerasyon süresinde ulaşılmıştır. Bu nedenle optimum aglomerasyon süresi 5 dak olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi

Aglomerasyon selülüne toplayıcı ilave edildikten sonra bağlayıcı sıvı ilave edilene kadar geçen sürenin verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 54’de verilmiştir.

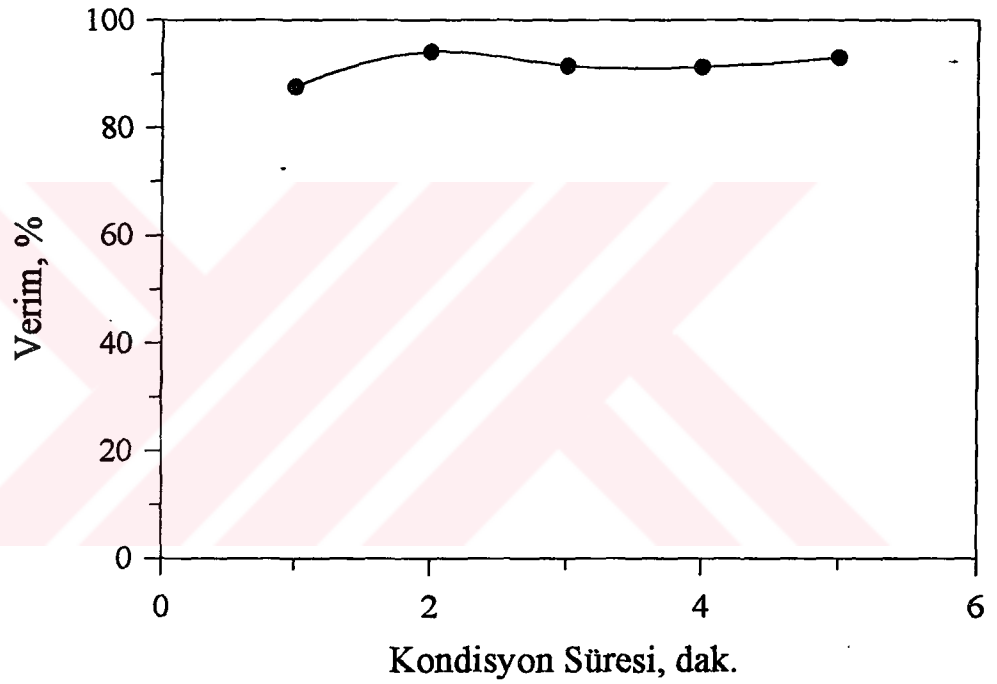


Şekil 54. Kalsitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı karıştırma süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; gazyağı: 180 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde toplayıcı karıştırma süresi arttıkça verimin azaldığı Şekil 54’de görülmektedir. En yüksek verimin elde edildiği 1 dak toplayıcı karıştırma süresi optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.8. Kondisyon Süresi

Aglomerasyon selülüne toplayıcı madde ilave etmeden önce verilen karıştırma süresi olan kondisyon süresinin kalsitin yağ aglomerasyonunda verim üzerindeki etkisini incelemek ve optimum kondisyon süresini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 55’de verilmiştir.

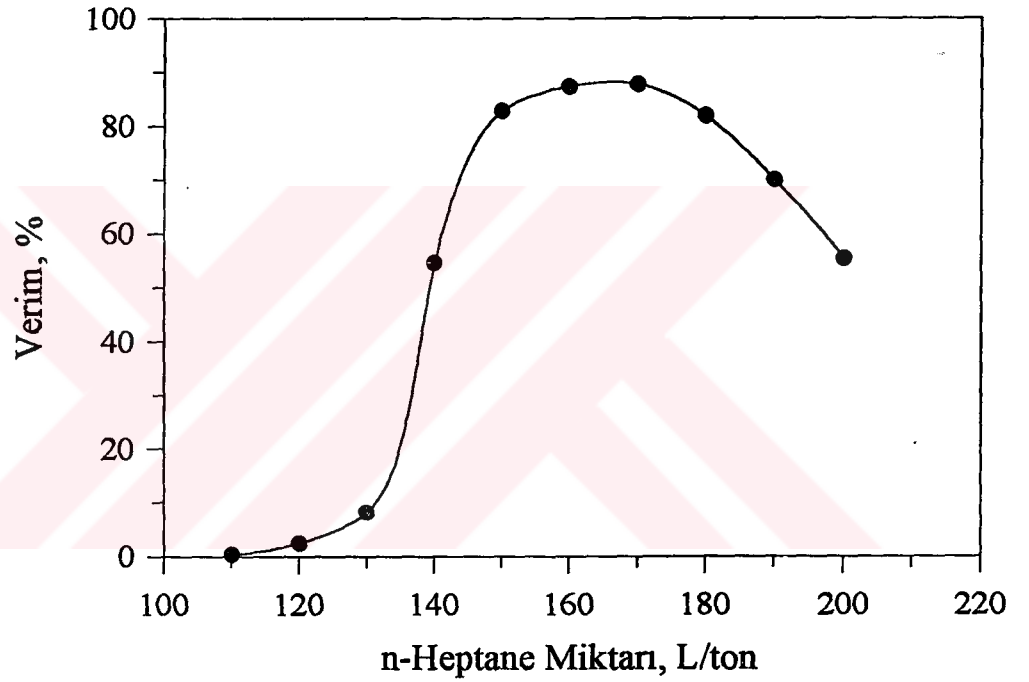


Şekil 55. Kalsitin yağ aglomerasyonunda kondisyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; gazyağı: 180 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 55’de görüldüğü gibi, kondisyon süresi arttıkça verim hızlı bir şekilde artmış ve maksimum verime ulaştıktan sonra fazla bir değişme meydana gelmemiştir. Bu nedenle, maksimum verimin (%94,13) elde edildiği 2 dak kondisyon süresi optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.9. n-Heptane Miktarı

Kalsitin yağ aglomerasyonunda optimum koşullar belirlendikten sonra, diğer bir bağlayıcı sıvı olan n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 56'da verilmiştir.

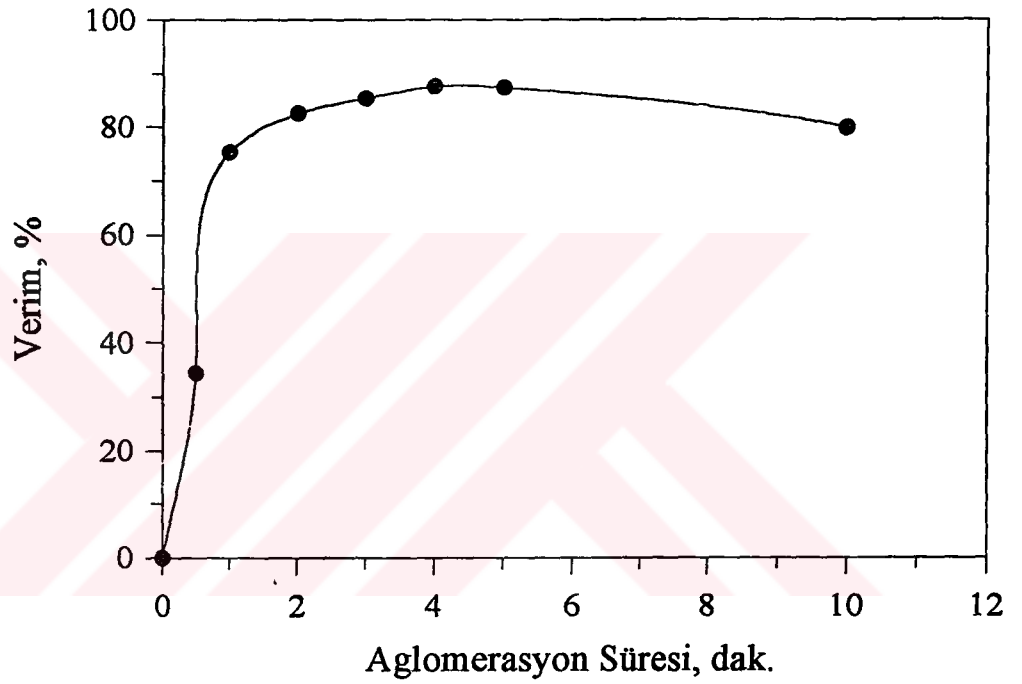


Şekil 56. Kalsitin yağ aglomerasyonunda n-Heptane miktarının verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Bağlayıcı sıvı olarak 110 L/ton n-Heptane kullanıldığı zaman kalsitin yağ aglomerasyon verimi yaklaşık sıfır olduğu Şekil 56'da görülmektedir. n-Heptane miktarı arttıkça verim de artmış, çok yüksek bağlayıcı sıvı miktarlarında ise oluşan aglomeratlar küresel yapısını kaybederek pasta görünümlü aglomeratlar oluşmaya ve verim düşmeye başlamıştır. Küresel şeklin korunarak maksimum

verimin (%87,40) elde edildiği 160 L/ton n-Heptane miktarı optimum olarak kabul edilmiştir.

Optimum n-Heptane miktarı belirlendikten sonra, aglomerasyon veriminin aglomerasyon süresi ile değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları da Şekil 57’de verilmiştir.



Şekil 57. Kalsitin yağ aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1600 dev/dak; n-Heptane: 160 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak)

Şekil 57’den görüldüğü gibi, 4 dak aglomerasyon süresinde en yüksek verim (%87,60) değerine ulaşmakta ve daha yüksek aglomerasyon sürelerinde oluşan aglomeratların parçalanmaya başlamasından dolayı verim azalmaya başlamaktadır. Aglomerasyon veriminin maksimum olduğu 4 dak aglomerasyon süresi optimum aglomerasyon süresi olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak; 180 L/ton gazyağı kullanılarak 5 dak aglomerasyon süresinde maksimum verim %94,13 iken, 160 L/ton n-Heptane kullanılarak 4 dak

aglomerasyon süresinde maksimum verim %87,60 olmaktadır. Bağlayıcı sıvı olarak n-Heptane kullanıldığında aglomerasyon süresi 1 dak daha kısa ve bağlayıcı sıvı miktarı 20 L/ton daha az olmasına rağmen elde edilen verimler karşılaştırıldığında, gazyağı ile daha yüksek verime ulaşılmaktadır. Bu nedenle, kalsitin yağ aglomerasyonunda bağlayıcı sıvı olarak gazyağı tercih edilmelidir.

Kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde belirlenen optimum koşullar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Kalsitin yağ aglomerasyon optimum koşulları.

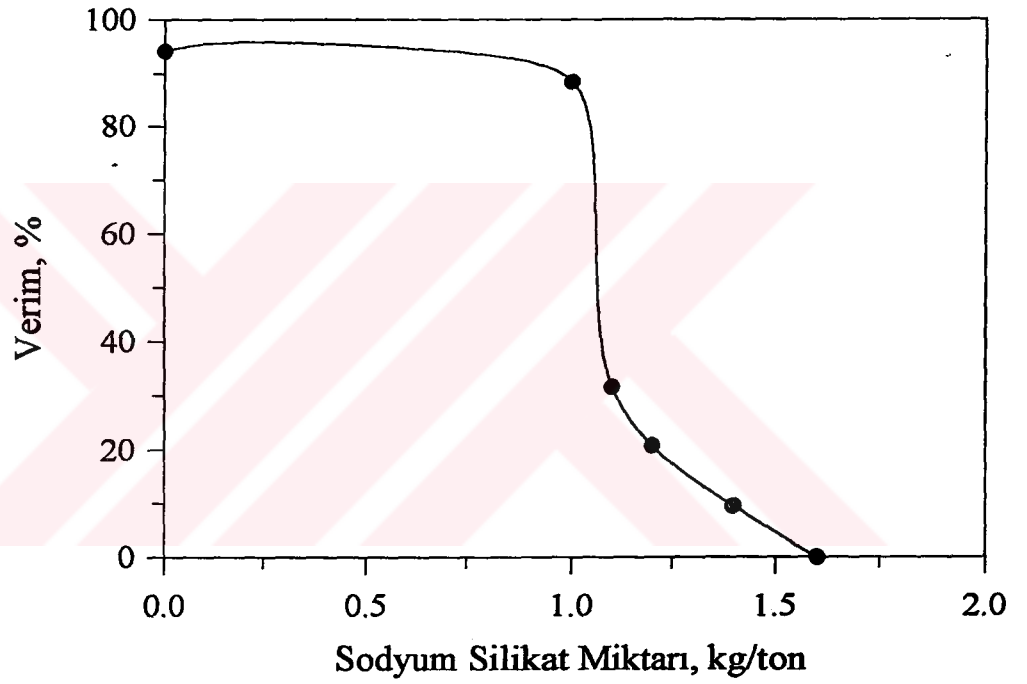
pH	10
Karıştırma Hızı, dev/dak	1600
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	10
Gazyağı Miktarı, L/ton	180
Katı Oranı, %	5
Kondisyon Süresi, dak	2
Toplayıcı Karıştırma Süresi, dak	1
Aglomerasyon Süresi, dak	5

4.1.1.3.10. Bastırıcılar

İkili mineral karışımlarında seçimliliği sağlamak amacıyla değişik bastırıcıların selestiti bastırmadaki etkisi araştırılmıştır. Kalsitin aglomerasyonu için belirlenen optimum koşullarda sisteme sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebracho değişik miktarlarda ilave edilmiştir. Deneyler, Tablo 8’de verilen optimum koşullarda yapılmıştır. Bastırıcı miktarının etkisinin incelendiği deneylerde kondisyonlama süresinden sonra sisteme belirli miktarlarda bastırıcı ilave edilmiş ve 5 dak koşullandırılmıştır.

4.1.1.3.10.1. Sodyum Silikat

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 58’de verilmiştir.

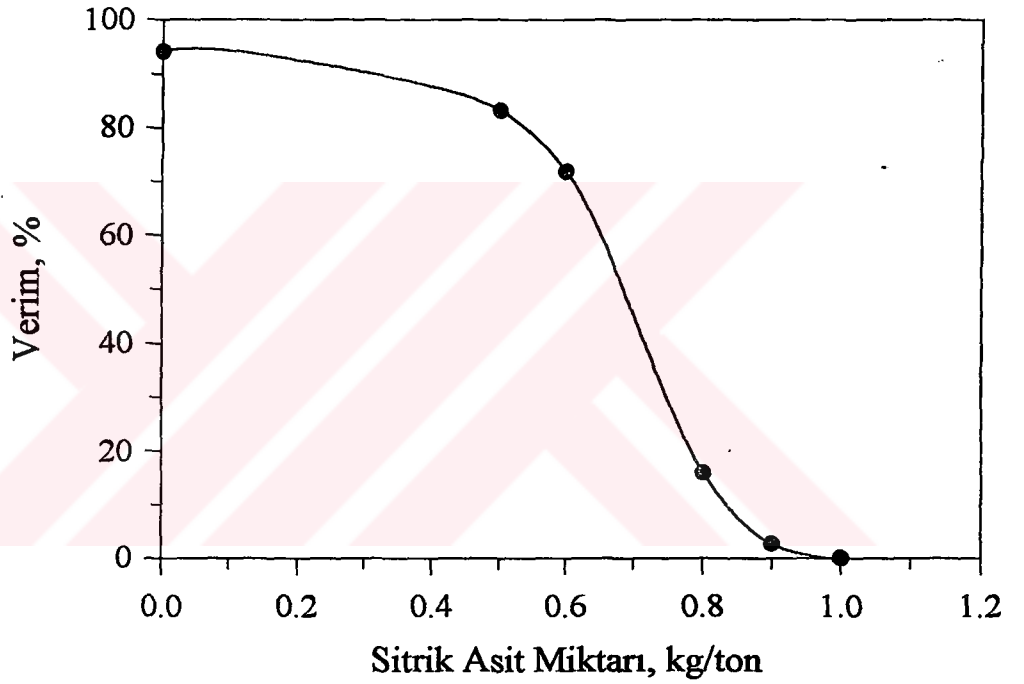


Şekil 58. Kalsitin yağ aglomerasyonunda sodyum silikat miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 58’den görülebileceği gibi, sodyum silikat miktarı arttıkça verim düşmüş ve 1,6 kg/ton sodyum silikat miktarında verim sıfır olmuştur. Ancak sistemde mikro aglomeratların oluşumu 1,8 kg/ton miktarına kadar devam etmiştir.

4.1.1.3.10.2. Sitrik Asit

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 59'da verilmiştir.

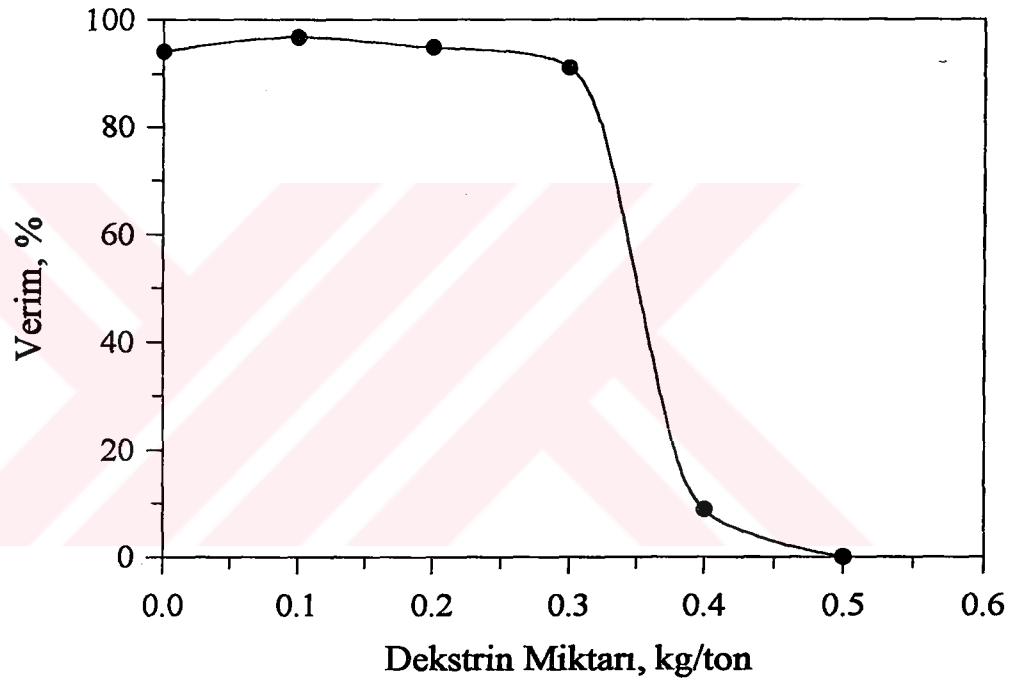


Şekil 59. Kalsitin yağ aglomerasyonunda sitrik asit miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 59 incelendiğinde, 1 kg/ton sitrik asit miktarında verimin sıfır olduğu görülebilir. Diğer bastırıcılarda olduğu gibi, sitrik asit kullanılarak verimin sıfır olduğu bastırıcı miktarında selülde mikro aglomeratlar meydana gelmemiş ve bu nedenle 1 kg/ton sitrik asit miktarı optimum olarak belirlenmiştir.

4.1.1.3.10.3. Dekstrin

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 60'da verilmiştir.



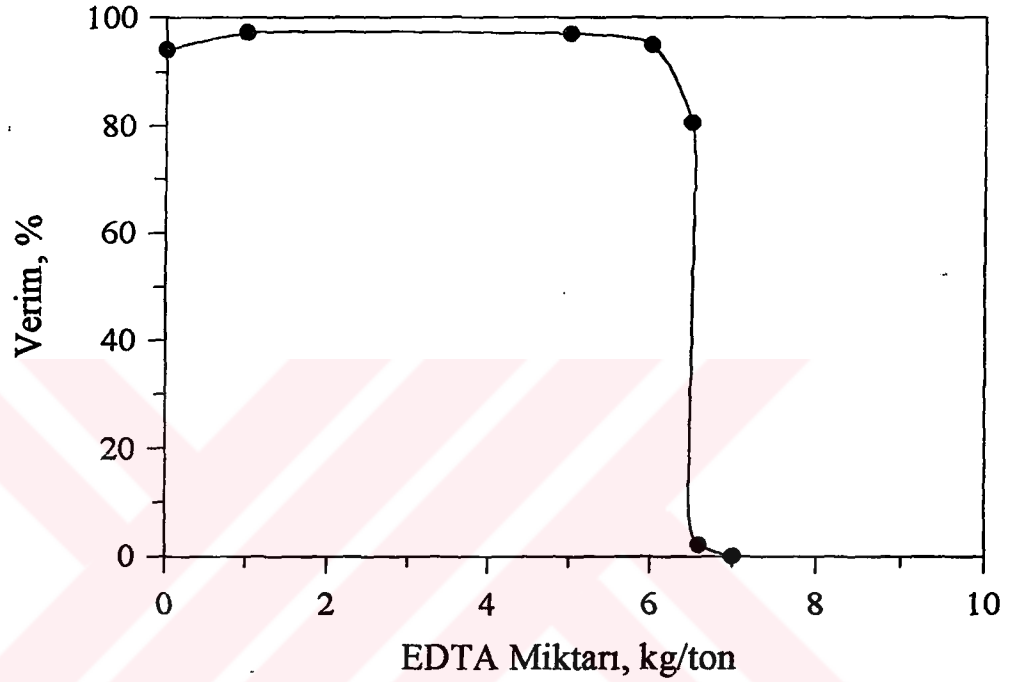
Şekil 60. Kalsitin yağ aglomerasyonunda dekstrin miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 60'dan görülebileceği gibi, 0,5 kg/ton dekstrin miktarında verim sıfır olmuştur. Ancak, 0,8 kg/ton dekstrin miktarına kadar selülde mikro aglomeratlar meydana gelmektedir.

4.1.1.3.10.4. EDTA

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak EDTA miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu bastırıcı miktarını

belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 61'de verilmiştir.

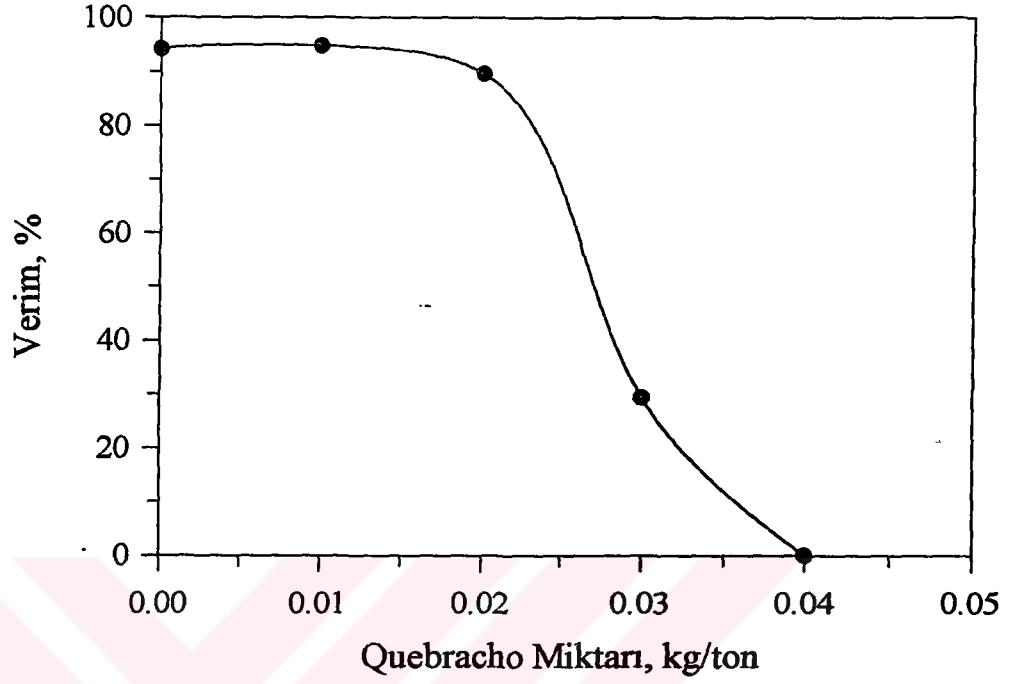


Şekil 61. Kalsitin yağ aglomerasyonunda EDTA miktarının verim üzerindeki etkisi.

7 kg/ton EDTA miktarında veriminin sıfır olduğu Şekil 61'den görülmektedir. Ancak, 10 kg/ton EDTA miktarına kadar selülde mikro aglomeratlar meydana gelmektedir.

4.1.1.3.10.5. Quebracho

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak quebracho miktarının verim üzerindeki etkisini incelemek ve verimin sıfır olduğu optimum bastırıcı miktarını belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 62'de verilmiştir.



Şekil 62. Kalsitin yağ aglomerasyonunda quebracho miktarının verim üzerindeki etkisi.

Şekil 62 incelendiğinde, 0,04 kg/ton quebracho miktarında, kalsitin aglomerasyon verimi sıfır olmaktadır. Ancak bu miktar quebracho, selülde mikro aglomeratların oluşmasını önleyememektedir. Mikro aglomeratların oluşumu 0,06 kg/ton quebracho miktarına kadar devam etmektedir.

Sonuç olarak, kalsitin yağ aglomerasyonunda kullanılan bastırıcılar miktarları dikkate alınarak karşılaştırıldığında en kötü bastırıcının 10 kg/ton kullanılması gereken EDTA, en iyi bastırıcının 0,06 kg/ton kullanılması gereken quebracho olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. İkili Mineral Karışımlarıyla Yapılan Aglomerasyon Deneyleri

Tuz tipi minerallerin aglomerasyonunda seçimliliği sağlamak için değişik yöntemler mevcuttur. Bunlar; potansiyeli tayin eden iyonların kontrolü, spesifik toplayıcıların kullanılması, aglomerasyon hız sabitlerindeki farklılıklar, seçimli aktifleştirme ve seçimli bastırma olarak sınıflandırılabilir (Aplan ve diğ., 1991).

Bu çalışmada, ikili mineral karışımlarının seçimli aktifleştirme veya bastırma durumu dikkate alınarak aglomerasyon ile zenginleştirilmesi incelenmiştir. Bu amaçla selestit, barit ve kalsitin optimum yağ aglomerasyon koşulları belirlendikten sonra barit+kalsit ve selestit+kalsit ikili mineral karışımları hazırlanmış ve yağ aglomerasyonu ile seçimli olarak birbirlerinden ayrılmasına çalışılmıştır.

Bastırıcıların etkisinin incelendiği yağ aglomerasyonu deneylerinde bastırıcı olarak sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebracho kullanılmıştır. Çalışmalarda barit ve selestitin seçimli olarak aglomera edilmesi amaçlandığı için sisteme ilave edilen bastırıcıların miktarı, karışımdaki kalsit miktarı dikkate alınarak belirlenmiştir. Elde edilen aglomeratlar HCl ile çözülmüş ve çözünmeyen madde miktarı belirlenerek barit veya selestitin tenör ve verim değerleri hesaplanmıştır.

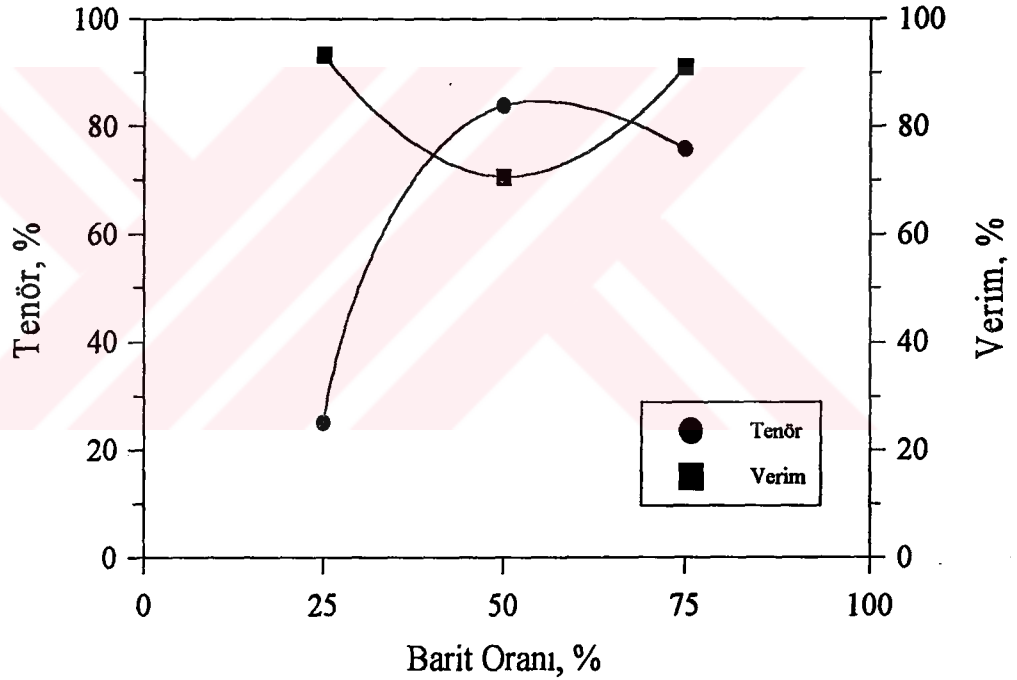
Ayrıca, barit-kalsit ve selestit-kalsit ikili karışımlarıyla yapılan aglomerasyon deneylerinden elde edilen tenör ve verim değerleri sırasıyla EK-1D ve EK-1E'de verilmiştir.

4.1.2.1. Barit ve Kalsit Karışımları

Barit ve kalsitin ayrı ayrı aglomerasyonunda optimum pH değeri her iki mineral için 10 olarak belirlenmiştir. Ancak, karıştırma hızı, Na-Oleat miktarı, gazyağı miktarı ve aglomerasyon süreleri farklı değerler almıştır. Barit ve kalsit ikili karışımlarıyla yapılan aglomerasyon deneylerinde, karışımdaki baritin seçimli olarak aglomera edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, barit için belirlenen optimum koşullarda (Tablo 7), ağırlıkça %50 barit ve %50 kalsit karışımlarında deneyler yapılmış ancak, barit aglomera edilememiştir. Bu nedenle, aglomerasyon süresi değiştirilerek aglomerattaki barit tenör ve veriminin değişimi incelenmiş, 5 ve 10 dak aglomerasyon sürelerinde deneyler yapılmıştır. Yine 5 dak aglomerasyon süresinde verim sıfır iken, 10 dak aglomerasyon süresinde %66,86 barit tenörlü aglomerat (konsantre) %47,07 verimle üretilmiştir. Tenör değerinde kısmi artma olmasına rağmen verim değerinin çok düşük olduğu görülmektedir.

Aglomerasyon verimini arttırmak için en önemli işletme parametrelerinden biri olan bağlayıcı sıvı miktarı artırılarak deneyler yapılmış. 120 L/ton gazyağı miktarında ve 5 dak aglomerasyon süresinde %83,84 barit tenörlü aglomerat %70,58 verimle üretilmiştir.

Ayrıca, yukarıda belirtilen koşullarda, barit ve kalsit karışımlarından bariti seçimli olarak aglomera etmek için, öncelikle sistemdeki barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla %25, %50 ve %75 barit oranlarında deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 63'de verilmiştir.



Şekil 63. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 63'den görüldüğü gibi, karışımdaki barit oranı %50'de en yüksek barit tenörüne ulaşılmıştır. Barit oranı %75'de ise verim yükselmiş, fakat tenör değeri düşmüştür.

Tekli mineraller ile yapılan deneylerde, toplayıcı olarak Na-DDS kullanıldığında sadece barit aglomera edilebilmiş, kalsit ise aglomera edilememiştir. Bu nedenle, barit ve kalsit ikili karışımlarında seçimli sağlamak amacıyla 9 kg/ton Na-DDS miktarında ve 120 L/ton gazyağı miktarında deneyler yapılmış, ancak 2 ve 5 dak aglomerasyon sürelerinde aglomerat elde edilememiştir. Aynı koşullarda, 10 dak aglomerasyon süresi verildiğinde ise %96,90 barit tenörlü aglomerat %16,67 gibi düşük bir verimle elde üretilenmiştir.

4.1.2.1.1. Bastırıcıların Etkisi

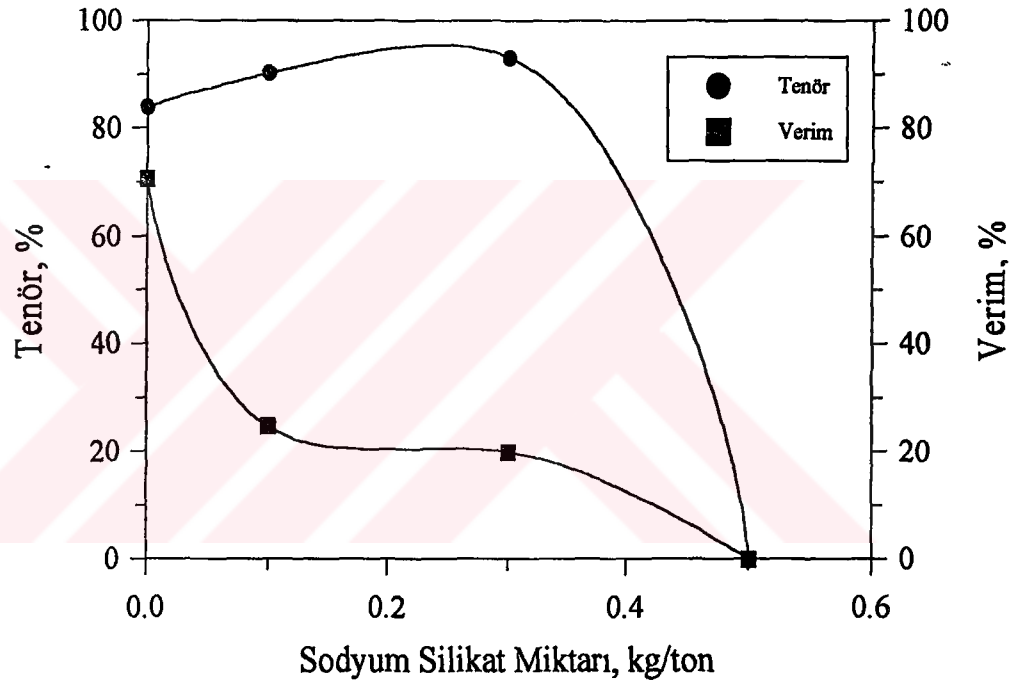
Barit ve kalsit ikili karışımları önce ağırlıkça %50 oranlarında hazırlanmış, değişik bastırıcılar kullanılarak optimum tenör ve verimin elde edildiği bastırıcı miktarları belirlenmiştir. Daha sonra, bastırıcı miktarı sabit tutularak barit ve kalsit karışımlarındaki barit oranı %25, %50 ve %75’de deneyler yapılmıştır.

4.1.2.1.1.1. Sodyum Silikat

Barit ve kalsitin %50 oranlarındaki karışımında, bastırıcı olarak sodyum silikat miktarının, baritin verim ve tenörü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, öncelikle tekli minerallerden elde edilen bulgulardan yararlanarak barit için belirlenen optimum aglomerasyon koşullarında ve kalsitin bastırıldığı sodyum silikat miktarında deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda, aglomerat elde edilememiştir. Daha sonra, aglomerasyon süresi 5 dak alınmış ve yine aglomerat elde edilememiştir. Gazyağı miktarı 150 L/ton’a artırılarak, kalsitin bastırıldığı 1,8 kg/ton sodyum silikat miktarında aglomerasyon deneyleri yapılmış ve yine aglomerat elde edilememiştir. Ayrıca, 150 L/ton gazyağı miktarında, 1,0 kg/ton sodyum silikat kullanılarak da deneyler yapılmış ve aglomerat üretilenmemiştir.

Seçimliliği arttırmak amacıyla seri deneyler yapılmış, hem gazyağı miktarı (80, 150 L/ton) hem de sodyum silikat miktarı (0,1-1,0 kg/ton) değiştirilmiştir. 0,5-1,0 kg/ton sodyum silikat miktarlarında aglomerat elde edilemez iken, 80

L/ton gazyağı ve 0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında, %75,51 barit tenörlü aglomerat %24,67 verimle üretilmiştir. 150 L/ton gazyağı, 0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında ise beslemenin tümü pasta (çamur) görünümünde aglomera edilmiş, herhangi bir seçimlilik sağlanamamıştır. Ayrıca, gazyağı miktarı 120 L/ton seçilerek 0,1, 0,3 ve 0,5 kg/ton sodyum silikat miktarlarında deneyler yapılmış ve elde edilen bulgular Şekil 64’de verilmiştir.

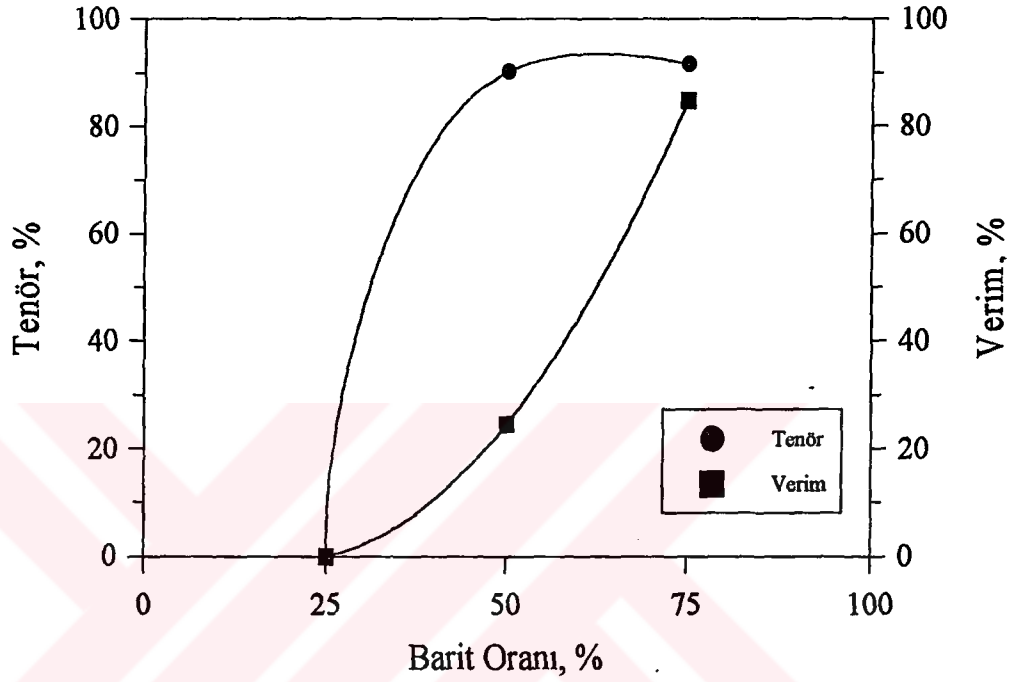


Şekil 64. Barit ve kalsit karışımında sodyum silikat miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 64’den görülebileceği gibi, 0,3 kg/ton sodyum silikat miktarına kadar barit tenörü artmış, verim ise sodyum silikat miktarı arttıkça azalmış ve 0,5 kg/ton sodyum silikat miktarında aglomerat elde edilememiştir.

Sodyum silikat miktarının farklı barit ve kalsit karışımlarındaki etkisini belirlemek amacıyla, 0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında %25, %50 ve %75

barit oranlarında deneyler yapılmış ve elde edilen tenör ve verim değerleri Şekil 65’de verilmiştir.



Şekil 65. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sodyum silikat : 0,1 kg/ton; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

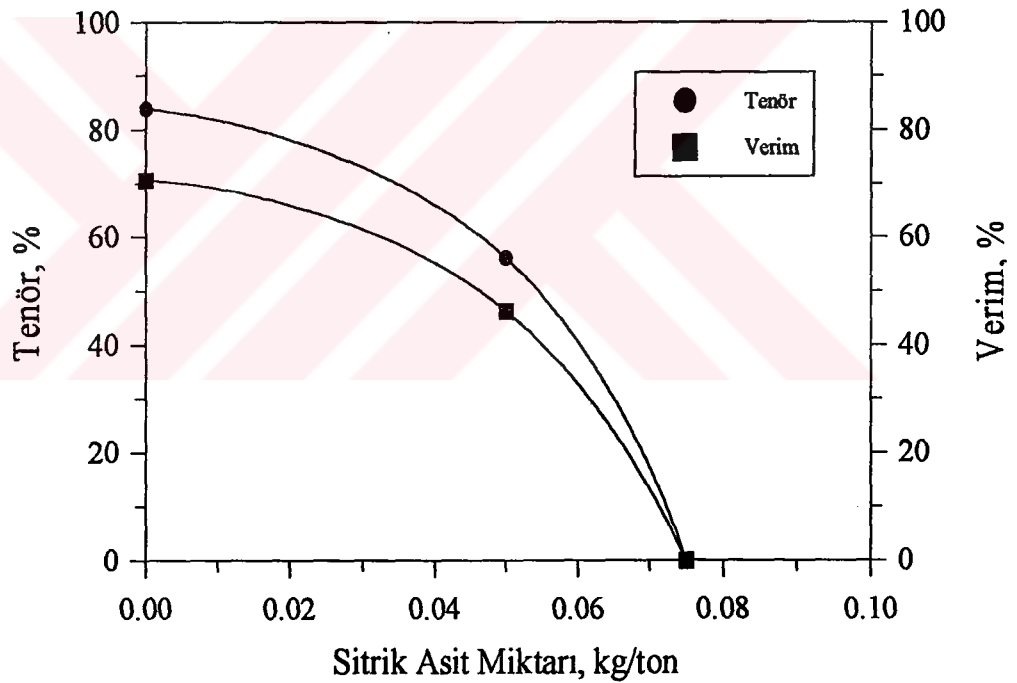
0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında, karışımdaki barit oranı arttıkça tenör ve verimin arttığı Şekil 65’den görülmektedir. %75 barit ve %25 kalsit karışımında yapılan aglomerasyon deneyinde, karışımdaki barit %91,64 tenör ve %84,80 verimle kazanılmıştır.

4.1.2.1.1.2. Sitrik Asit

Kalsit ile yapılan aglomerasyon deneylerinde kalsiti bastırmak için gerekli olan optimum sitrik asit miktarı 1,0 kg/ton olarak bulunmuştur. Ancak, %50 barit

ve %50 kalsit ikili karışımlarda, 0,5 ve 0,1 kg/ton sitrik asit kullanılarak 5 ve 10 dak aglomerasyon sürelerinde yapılan aglomerasyon deneylerinde aglomerat üretilmemiştir. Bu nedenle, daha düşük sitrik asit miktarlarında aglomerasyon deneyleri yapılmıştır. Daha önceki yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ve deneyler sırasındaki gözlemler dikkate alınarak, gazyağı miktarı 120 L/ton alınarak deneyler yapılmıştır.

Sitrik asit miktarına bağlı olarak, %50 barit ve %50 kalsit karışımında barit tenör ve veriminin değişimini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 66'da verilmiştir.

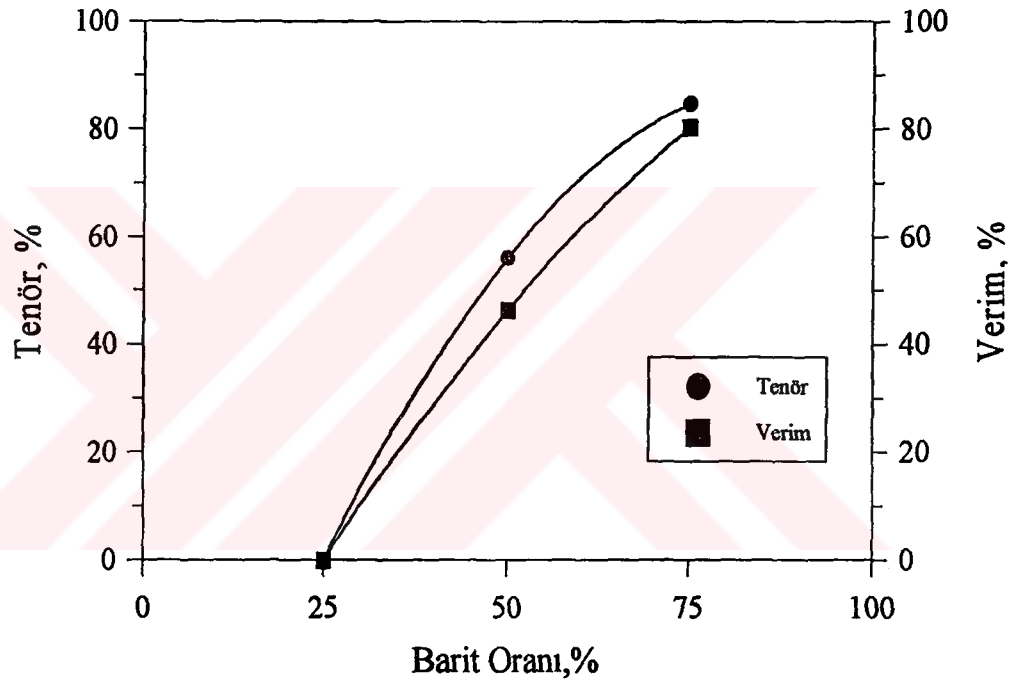


Şekil 66. Barit ve kalsit karışımında sitrik asit miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 66'dan görüldüğü gibi, sitrik asit miktarı barit tenör ve verimini olumsuz etkilemiş, hem tenör hem de verim azalmıştır. Ayrıca, 0,05 kg/ton sitrik

asit miktarında aglomerasyon süresi artırılarak deneyler yapılmış, 10 dak aglomerasyon süresinde %86,50 tenörlü barit konsantresi %20,93 verimle üretilmiştir.

Farklı barit ve kalsit karışımlarında sitrik asit miktarının etkisini araştırmak amacıyla 0,05 kg/ton sitrik asit miktarında deneyler yapılmış ve elde edilen bulgular ise Şekil 67’de verilmiştir.

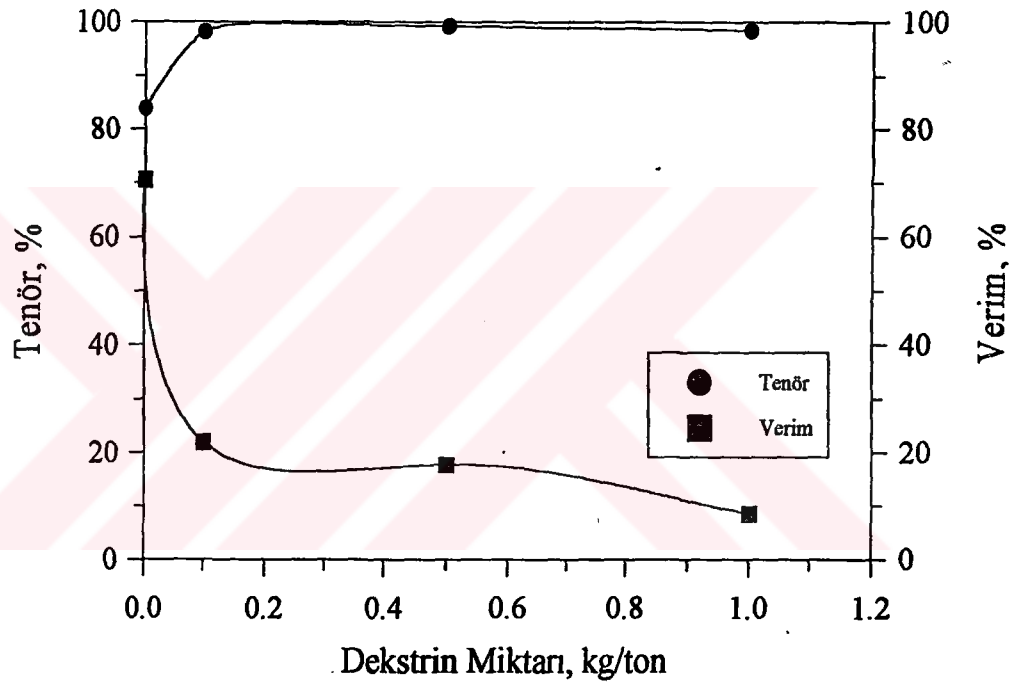


Şekil 67. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sitrik asit: 0,05 kg/ton; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

%25 barit ve %75 kalsit karışımında aglomerat elde edilemediği Şekil 67’den görülmektedir. Karışımındaki barit miktarı arttıkça tenör ve verim değerleri artmış, %75 barit ve %25 kalsit karışımında barit tenör ve verimi sırasıyla %84,63 ve %80,27 olmuş ancak, yüksek seçimlilik sağlanamamıştır.

4.1.2.1.1.3. Dekstrin

Diğer bastırıcılarla yapılan deneylerin bulguları dikkate alınarak 120 L/ton gazyağı kullanılarak dekstrin miktarının barit ve kalsit karışımında barit tenör ve verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen bulgular Şekil 68’de verilmiştir.

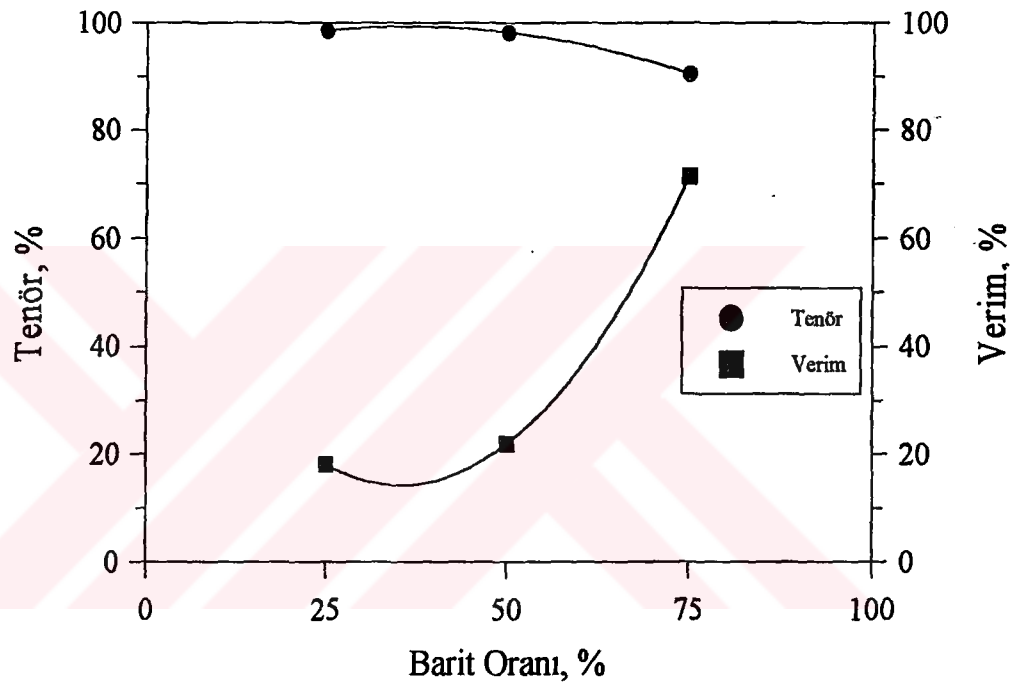


Şekil 68. Barit ve kalsit karışımında dekstrin miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 68’den görüldüğü gibi, dekstrin miktarı arttıkça aglomera olan kısımdaki barit tenörü artmakta, verim ise düşmektedir. Yüksek tenörlü konsantreler elde edilmesine rağmen aglomerasyon verimi düşük olmuştur. Tenör ve verim dikkate alındığında, 0,1 kg/ton dekstrin miktarı uygun bulunmuş ve verimi arttırmak amacıyla, 0,1 kg/ton dekstrin miktarında aglomerasyon süresi

arttırılmış (10 dak) ve %64,49 barit tenörlü konsantre %49,33 verimle üretilmiştir. Bu bulgular, kabul edilebilir bir verimle yüksek tenörlü konsantrelerin %50 barit ve %50 kalsit karışımlarında elde edilemeyeceğini göstermiştir.

Ayrıca, 0,1 kg/ton dekstrin miktarında farklı barit ve kalsit karışım oranlarında deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 69'da verilmiştir.

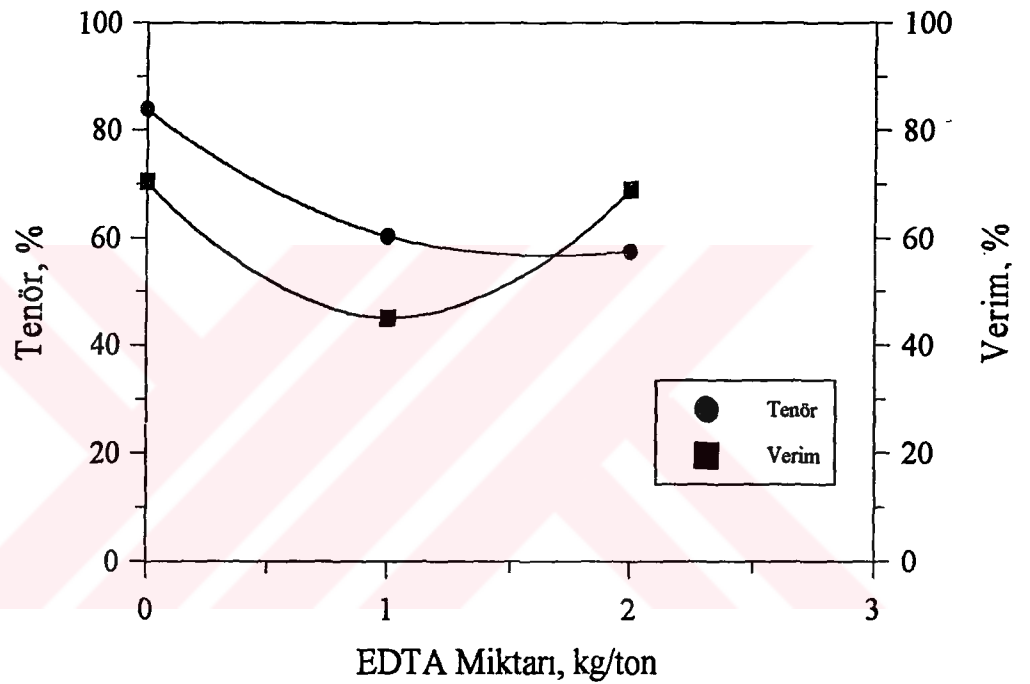


Şekil 69. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (dekstrin: 0,1 kg/ton; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 69'dan da görülebileceği gibi, barit ve kalsit karışımındaki barit miktarı %25 ve %50'de tenör fazla değişmezken, %75 karışım oranında azalmıştır. Ancak, barit miktarının artmasıyla verim yükselmiş ve %75 barit ve %25 kalsit karışımında %90,45 barit içeren aglomerat %71,53 verimle üretilmiştir.

4.1.2.1.1.4. EDTA

%50 barit ve %50 kalsit karışımında, EDTA miktarının barit tenör ve verimine etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 70’de verilmiştir.



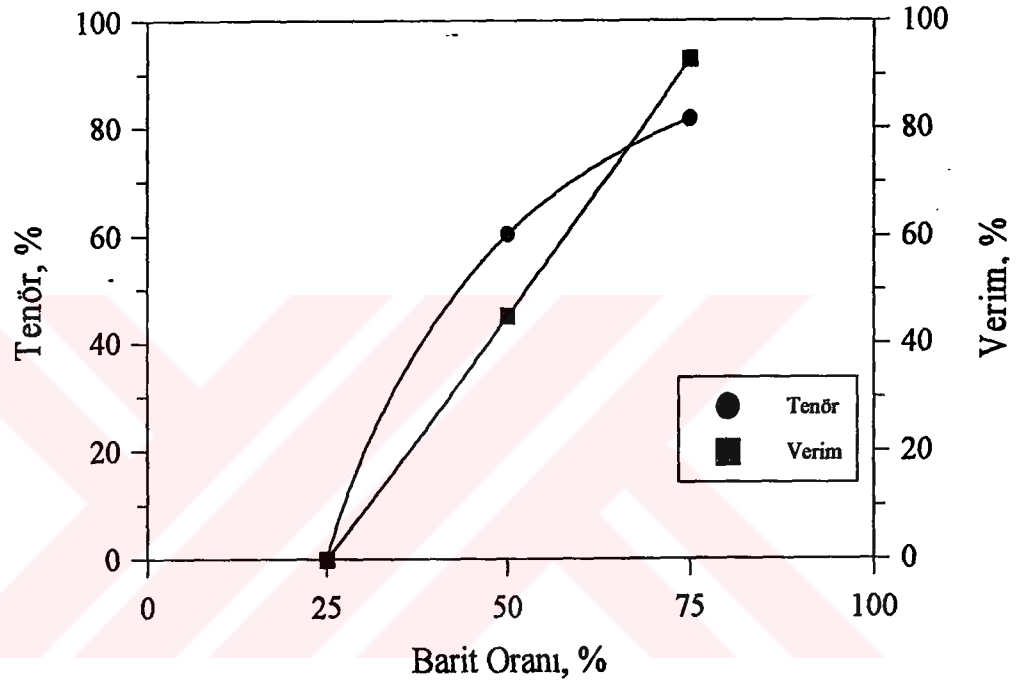
Şekil 70. Barit ve kalsit karışımında EDTA miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 70’den görüldüğü gibi, EDTA miktarı arttıkça aglomera olan kısımdaki barit tenörü düşmektedir.

Ayrıca, 1,0 kg/ton EDTA miktarında 80 L/ton gazyağı kullanılarak deneyler yapılmış, %89,47 barit tenörlü konsantre %18,13 verimle üretilmiştir. 120 L/ton gazyağı miktarında aglomerasyon süresi artırılarak (10 dak) yapılan deneyde

%91,13 barit tenörlü konsantre %15,07 verimle üretilmiştir. Aglomerasyon süresinin artması verim üzerinde olumlu bir etkisi olmamıştır.

1,0 kg/ton EDTA kullanılarak farklı barit ve kalsit karışım oranlarında deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 71’de verilmiştir.

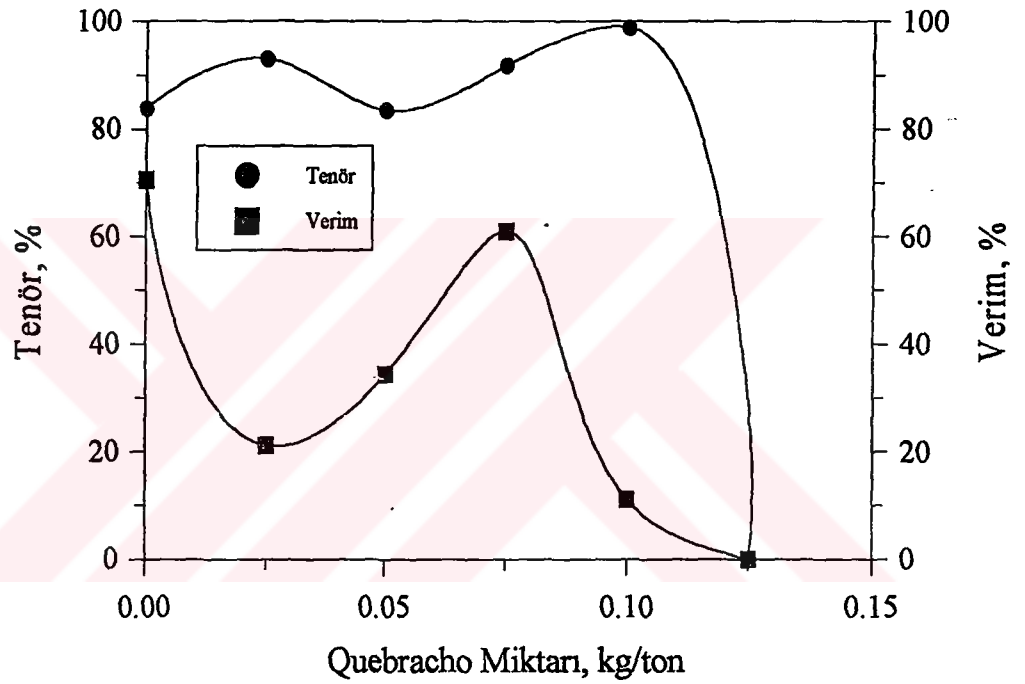


Şekil 71. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (EDTA: 1,0 kg/ton; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

%25 barit ve %75 kalsit karışımıyla yapılan deneyde aglomerat elde edilemediği Şekil 71’den görülmektedir. Karışımındaki barit miktarı arttıkça barit tenörü ve verimi artmış, %75 barit ve %25 kalsit karışımında tenör %81,77 ve verim %92,89 olmuştur.

4.1.2.1.1.5. Quebracho

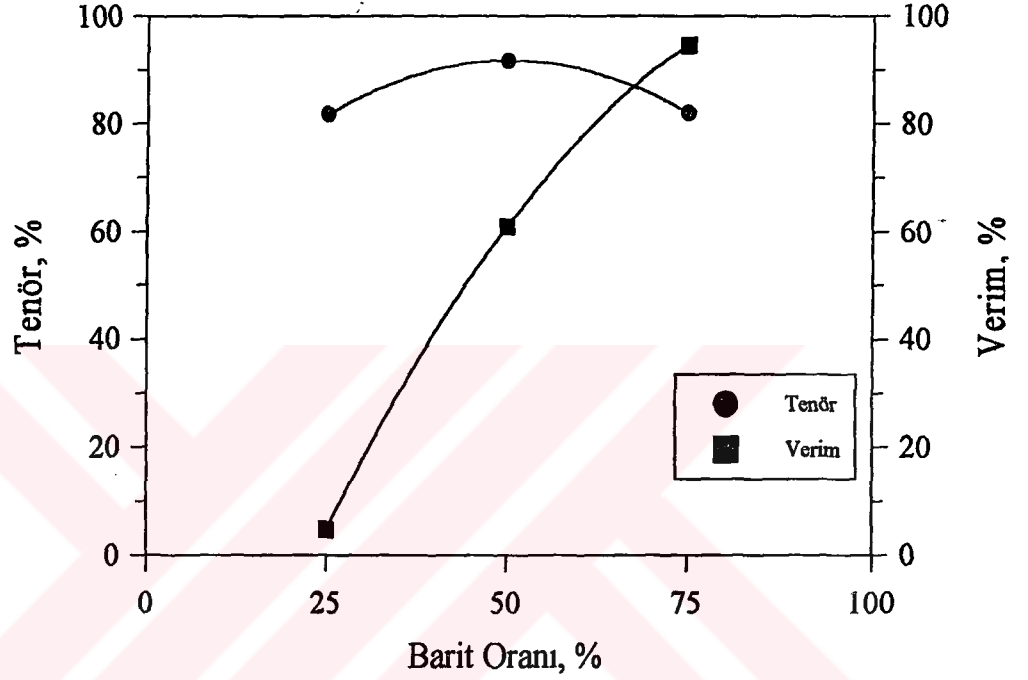
Barit ve kalsit karışımında, barit tenör ve veriminin organik bir bastırıcı olan quebracho miktarı ile değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 72’de verilmiştir.



Şekil 72. Barit ve kalsit karışımında quebracho miktarının barit tenörü ve verimine etkisi (barit+kalsit: %50; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 72’den görüldüğü gibi, 0,1 kg/ton quebracho miktarına kadar tenörde önemli bir değişme gözlemlenmezken, quebracho miktarına bağlı olarak verim farklı değerler almış ve 0,125 kg/ton quebracho miktarında aglomerat elde edilememiştir. En iyi bulgular, tenörün %91,78 ve verimin %61,07 olduğu 0,075 kg/ton quebracho miktarında elde edilmiştir.

0,075 kg/ton quebracho miktarında, sistemdeki barit miktarı değişiminin tenör ve verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 73’de verilmiştir.

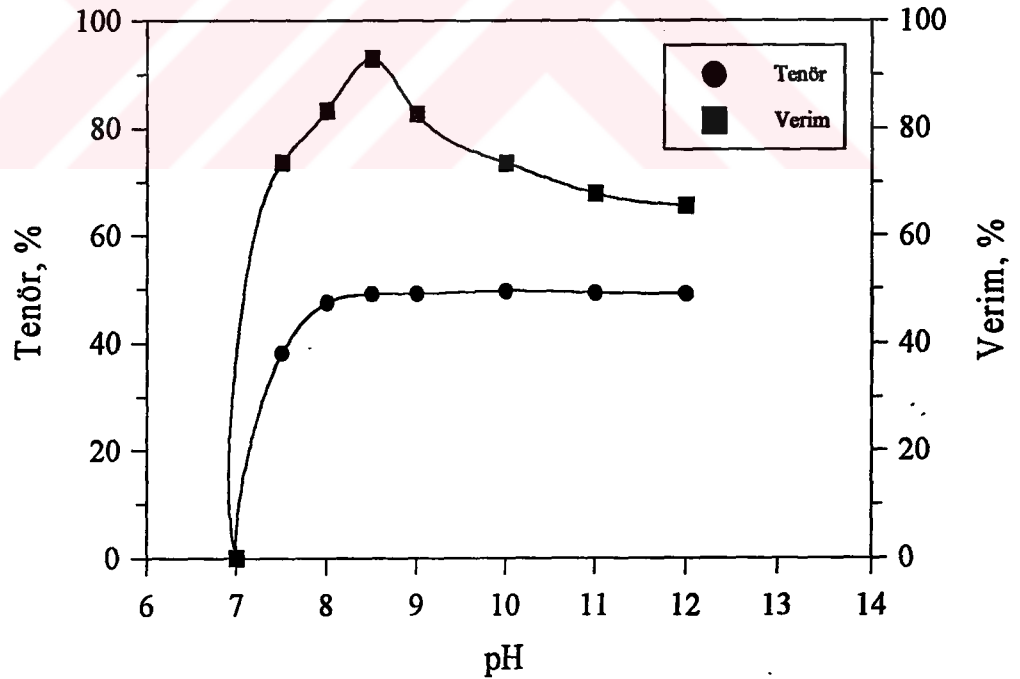


Şekil 73. Barit ve kalsit karışımında barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (quebracho: 0,075 kg/ton; pH: 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 120 L/ton; Na-Oleat: 3 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 2 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Bastırıcı olarak 0,075 kg/ton quebracho kullanıldığı zaman, barit ve kalsit karışımında barit miktarı arttıkça, tenörde önemli bir değişme meydana gelmezken, verimin yükseldiği Şekil 73’den görülmektedir. %75 barit ve %25 kalsit karışımında %82,06 tenörlü aglomerat %94,67 verimle elde edilmiştir.

4.1.2.2. Selestit ve Kalsit Karışımları

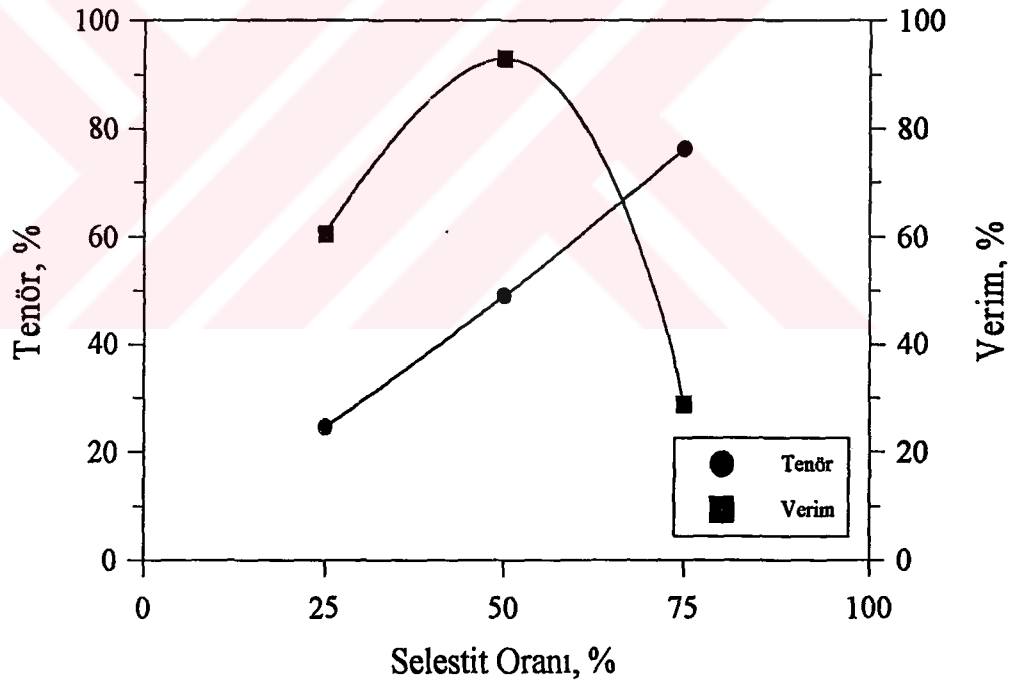
Selestit ve kalsitin ayrı ayrı aglomerasyonunda optimum Na-Oleat miktarı her iki mineral için 10 kg/ton, aglomerasyon süreleri ise 5 dak olarak belirlenmiştir. Ancak, pH, karıştırma hızı, gazyağı miktarı ve kondisyon süreleri farklı değerler almıştır. Selestit ve kalsit ikili karışımlarıyla yapılan aglomerasyon deneylerinde, karışımdaki selestitin seçimli olarak aglomera edilmesi amaçlanmıştır. Selestit ve kalsitin tekli yağ aglomerasyonu deneylerinde, selestit için optimum pH 7, kalsit için optimum pH 10 olarak belirlenmiştir. Selestit ve kalsit karışımlarından selestiti seçimli olarak aglomera etmede pH'ın etkisini incelemek ve optimum pH'ı belirlemek amacıyla, %50 selestit ve %50 kalsit karışımlarında ve selestit için belirlenen optimum koşullarda (Tablo 6) deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 74'de verilmiştir.



Şekil 74. Selestit ve kalsit karışımında pH'ın selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Selestit ve kalsit karışımının pH'ı yükseldiğinde elde edilen aglomerat içerisindeki selestitin tenörünün çok fazla değişmezken, selestit veriminin düştüğü Şekil 74'den görülmektedir. Bu nedenle, bastırıcıların etkisini incelemek amacıyla yapılan aglomerasyon deneylerinde pH değiştirilmemiş, bütün deneyler en yüksek verimin elde edildiği pH 8,5'de yapılmıştır.

Optimum pH belirlendikten sonra, karışımdaki selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, %25, %50 ve %75 selestit oranlarında deneyler yapılmış, elde edilen tenör ve verim değerleri Şekil 75'de verilmiştir.



Şekil 75. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

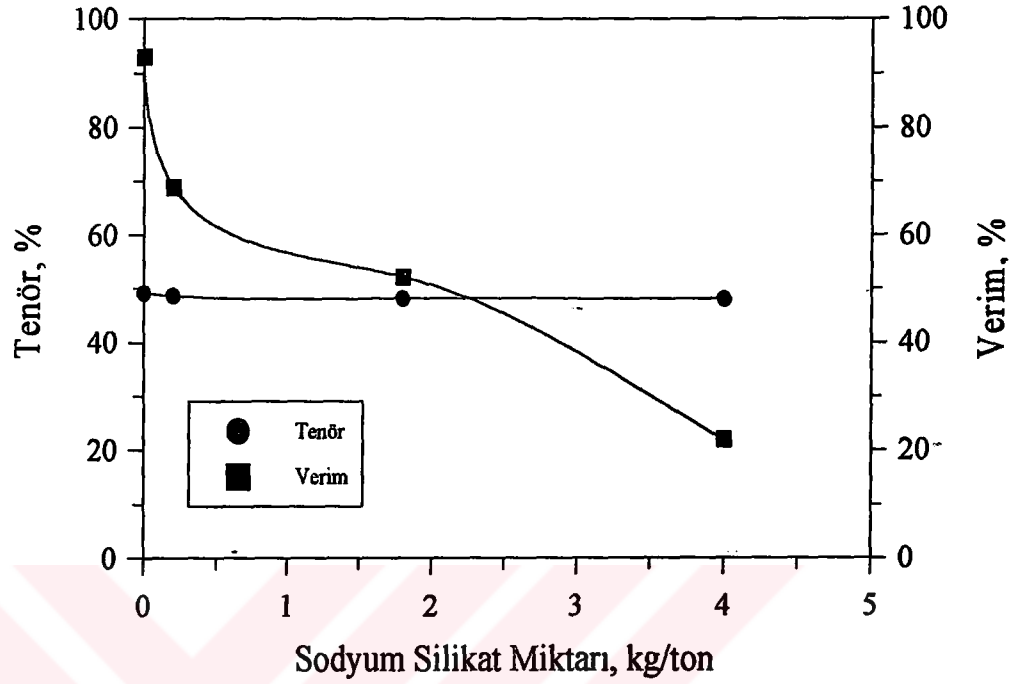
Şekil 75'den görüldüğü gibi, karışımdaki selestit oranı arttıkça elde edilen aglomeratın selestit tenörü de artmıştır. Ancak, en yüksek verime %50 selestit oranında %92,93 olarak ulaşılmıştır.

4.1.2.2.1. Bastırıcıların Etkisi

Selestit ve kalsit karışımları önce ağırlıkça %50 oranlarında, değişik bastırıcılar kullanıldığında optimum tenör ve verimin elde edildiği bastırıcı miktarları belirlenmiştir. Daha sonra, bastırıcı miktarı sabit tutularak selestit ve kalsit karışımlarındaki selestit oranı %25, %50 ve %75'de deneyler yapılmıştır.

4.1.2.2.1.1. Sodyum Silikat

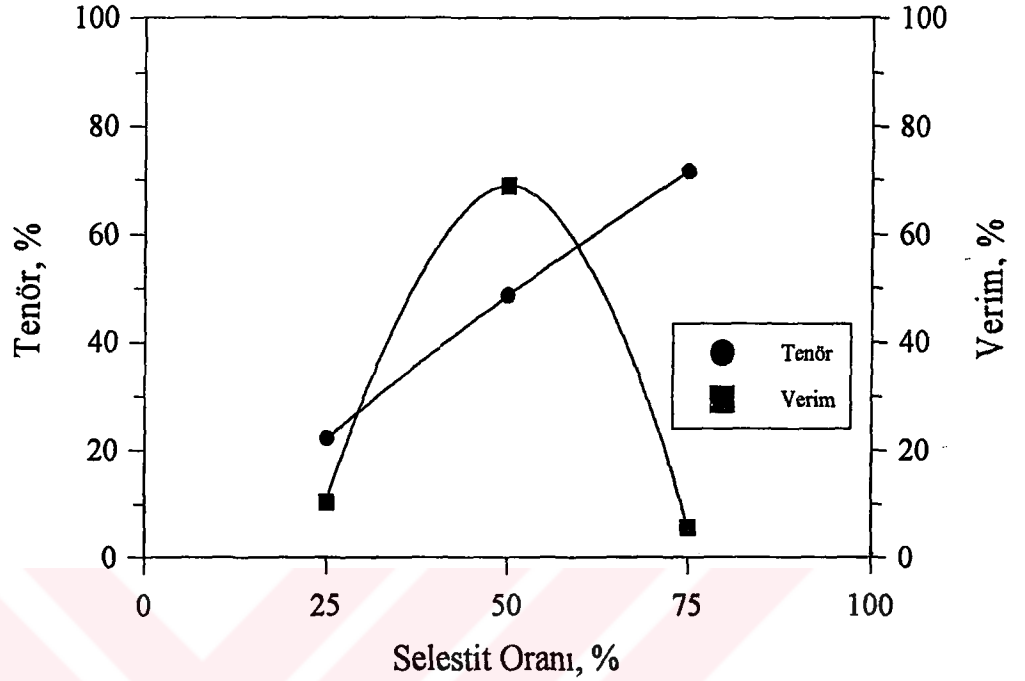
Selestit ve kalsitin ayrı ayrı aglomerasyonunda optimum sodyum silikat miktarları sırasıyla 0,4 kg/ton ve 1,8 kg/ton olarak belirlenmiştir. %50 selestit ve %50 kalsit karışımında bastırıcı olarak sodyum silikat miktarının, selestit tenör ve verimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 76'da verilmiştir.



Şekil 76. Selestit ve kalsit karışımında sodyum silikat miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 76'dan da görüldüğü gibi, sodyum silikat miktarı arttıkça elde edilen aglomeratın selestit tenörü fazla değişmezken, verimi azalmıştır. 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında %48,65 selestit tenörlü konsantre %68,97 verimle üretilmiştir. Ayrıca, 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında aglomerasyon süresi arttırılarak (10 dak) yapılan deneyde, %48,62 tenörlü aglomerat %88,93 verimle elde edilmiştir. Aglomerasyon süresi arttıkça verim yükselmiş fakat seçicilik sağlayamamıştır.

En iyi bulgular bastırıcı ilave edilmeksizin elde edilmesine rağmen, sodyum silikat miktarının farklı selestit ve kalsit karışımlarındaki etkisini belirlemek amacıyla 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında, selestit ve kalsit karışımındaki selestit oranı değiştirilerek yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 77'de verilmiştir.

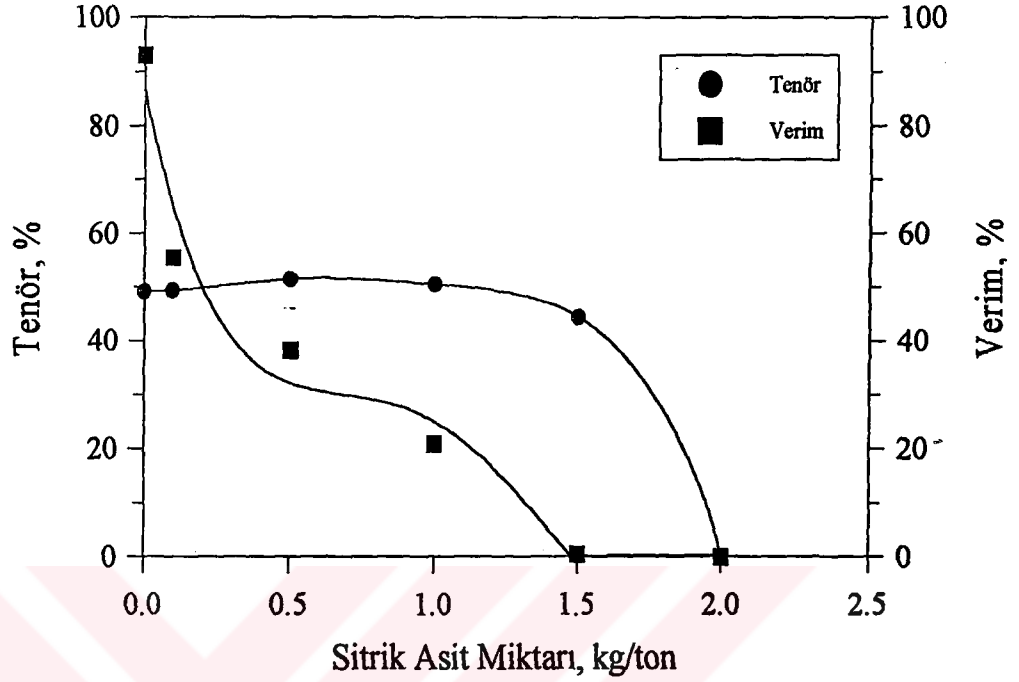


Şekil 77. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sodyum silikat : 0,2 kg/ton; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 77 incelendiğinde, 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında karışımdaki selestit miktarı arttıkça elde edilen aglomeratın selestitin tenörünün de arttığı görülmektedir. Ancak, %25 ve %75 selestit oranlarında verim çok düşmüş ve seçimlilik sağlanamamıştır.

4.1.2.2.1.2. Sitrik Asit

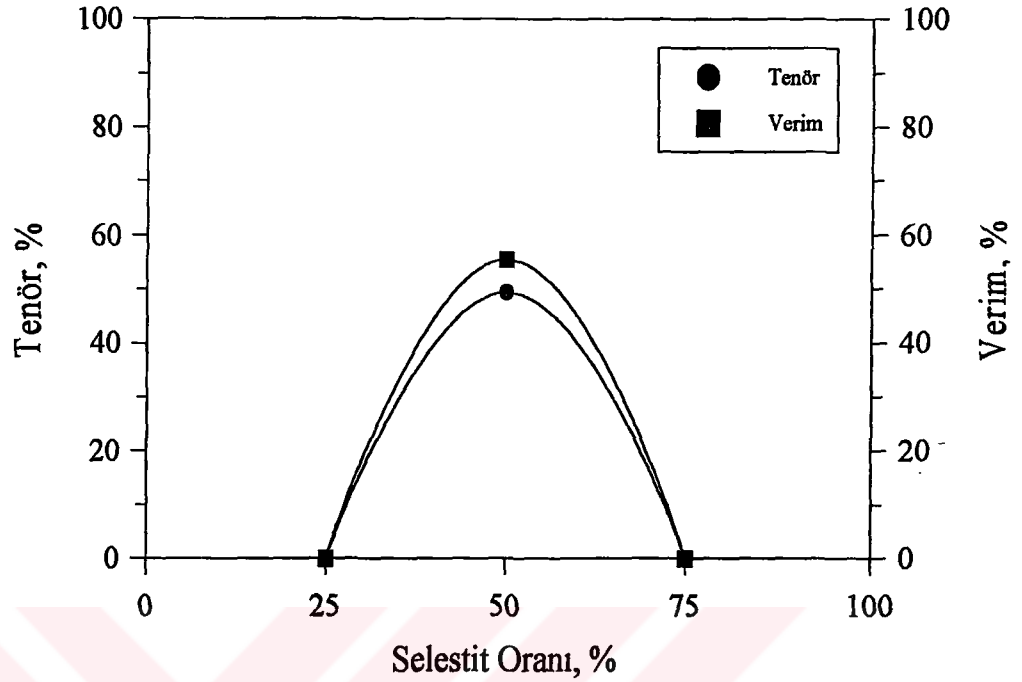
Sitrik asit miktarının %50 selestit ve %50 kalsit karışımında selestit tenör ve verimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 78’de verilmiştir.



Şekil 78. Selestit ve kalsit karışımında sitrik asit miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 78'den görüldüğü gibi, sitrik asit miktarı arttıkça elde edilen aglomerat içerisindeki selestit verimi hızlı bir şekilde düşmüş, tenör ise 1,5 kg/ton sitrik asit miktarına kadar fazla değişmemiştir. 2,0 kg/ton sitrik asit miktarında ise aglomerat elde edilememiştir. Selestit tenör ve veriminin aglomerasyon süresinin artmasıyla değişimini belirlemek amacıyla 0,1 kg/ton sitrik asit kullanılarak 10 dak aglomerasyon süresinde deney yapılmış ve %48,50 selestit tenörlü aglomerat %86,27 verimle kazanılmıştır. Aglomerasyon süresi arttıkça tenörün fazla değişmemesine rağmen verim yükselmiş ancak seçimlilik sağlanamamıştır.

Selestit tenörünün %49,35 ve verimin %55,47 olduğu 0,1 kg/ton sitrik asit miktarında, farklı karışım oranlarında selestitin aglomerasyon davranışı incelemek amacıyla yapılan aglomerasyon deneylerinden elde edilen bulgular Şekil 79'da verilmiştir.

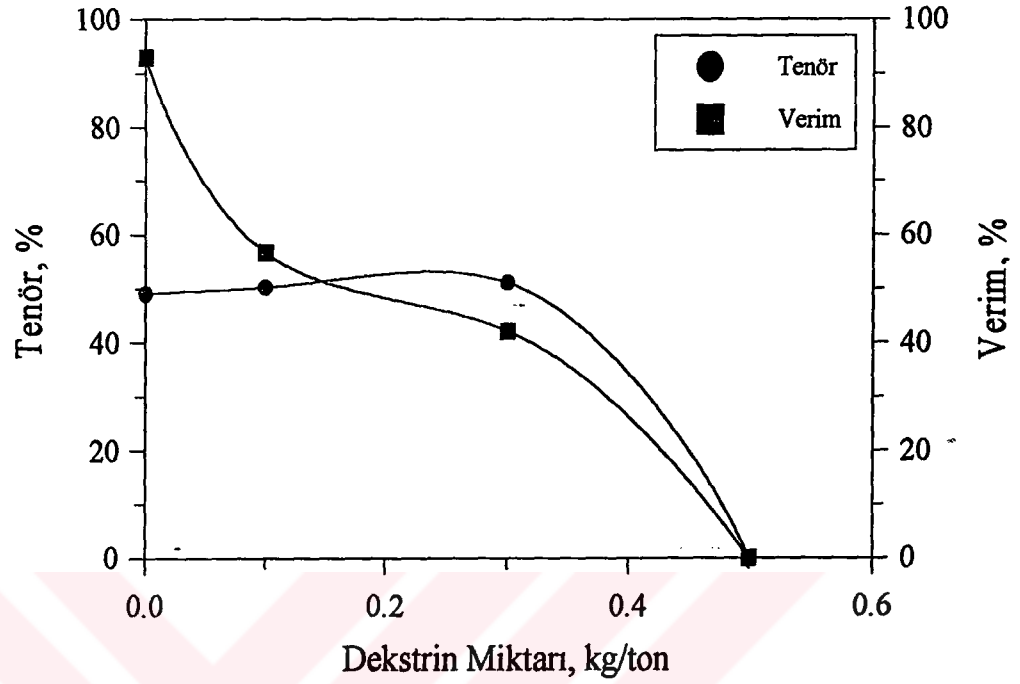


Şekil 79. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (sitrik asit: 0,1 kg/ton; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

%25 ve %75 selestit oranlarında yapılan aglomerasyon deneylerinde aglomerat elde edilemediği Şekil 79'dan görülmektedir. Sadece %50 selestit oranında yapılan deneyde aglomerat elde edilmiş ancak, seçicilik sağlanamamıştır.

4.1.2.2.1.3. Dekstrin

Tekli mineraller ile yapılan deneylerde selestit ve kalsit için de optimum dekstrin miktarı 0,8 kg/ton olarak belirlenmişti. Selestit ve kalsit karışımında, bastırıcı olarak dekstrin miktarının selestit tenör ve verimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen tenör ve verim değerleri Şekil 80'de verilmiştir.

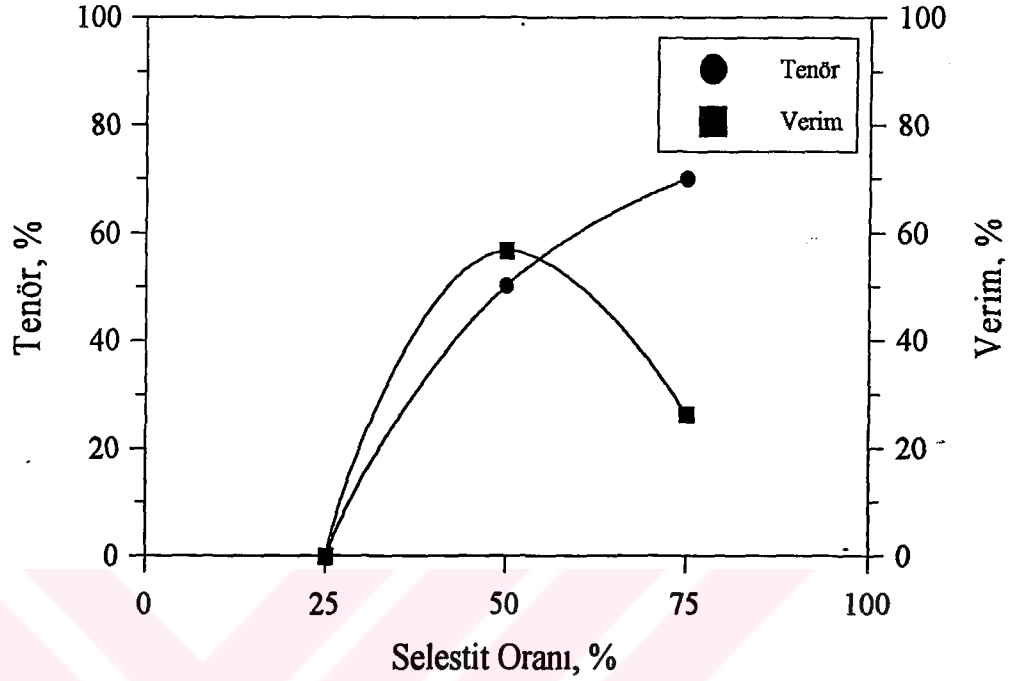


Şekil 80. Selestit ve kalsit karışımında dekstrin miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 80'den de görüldüğü gibi, 0,5 kg/ton dekstrin miktarında aglomerat elde edilememiştir. Sisteme ilave edilen dekstrin miktarı arttıkça selestit tenörü kısmi olarak yükselmiş fakat seçimlilik sağlanamamıştır.

Ayrıca, 0,1 kg/ton dekstrin miktarında aglomerasyon süresi artırılarak (10 dak) yapılan deneyde %48,19 selestit tenörlü konsantre %83,33 verimle üretilmiştir. Yüksek aglomerasyon süresinde selestit veriminin yükselmesine rağmen seçimlilik sağlanamamıştır.

Selestit tenörünün %50,24 ve veriminin %56,67 olduğu 0,1 kg/ton dekstrin miktarında, farklı selestit ve kalsit karışım oranlarında yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 81'de verilmiştir.

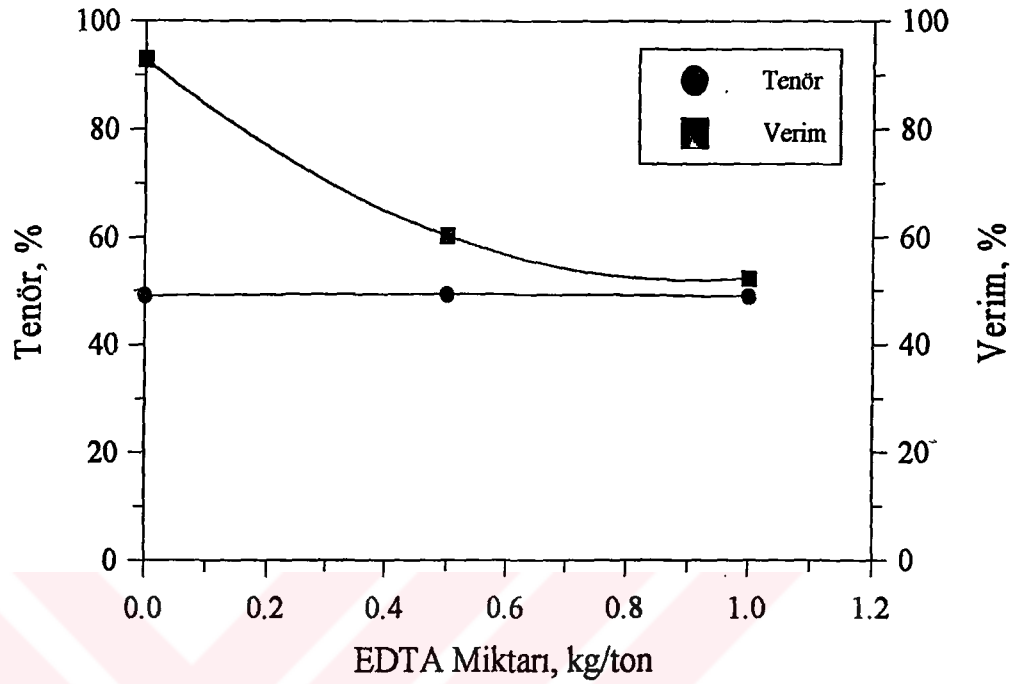


Şekil 81. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (dekstrin: 0,1 kg/ton; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 81’de görüldüğü gibi, %25 selestit ve %75 kalsit karışımında yapılan deneyde aglomerat elde edilememiştir. Sistemdeki selestit miktarı yükseldikçe elde edilen aglomeratın selestit tenörü de yükselmiş, fakat %75 selestit oranında verim tekrar azalmıştır. Ayrıca, %75 selestit %25 kalsit ikili karışımında 150 L/ton gazyağı ve 0,1 kg/ton kullanılarak %69,98 selestit tenörüne %26,31 verimle ulaşılabilmiştir.

4.1.2.2.1.4. EDTA

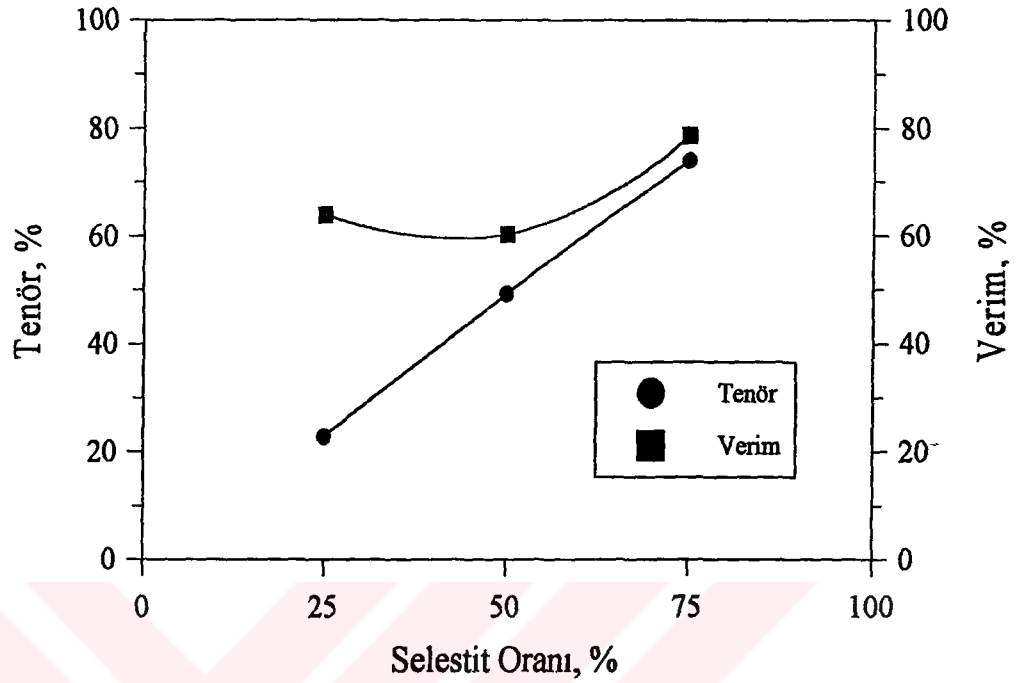
Selestit ve kalsit karışımında EDTA miktarının selestit tenör ve verimine etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 82’de verilmiştir.



Şekil 82. Selestit ve kalsit karışımında EDTA miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 82'den görülebileceği gibi, karışımdaki EDTA miktarı arttıkça elde edilen aglomeratın selestit tenöründe fazla bir değişme olmaz iken, verim değeri düşmüştür. Selestitin verimini yükseltmek amacıyla 0,5 kg/ton EDTA miktarında aglomerasyon süresi arttırılarak (10 dak) deney yapılmış, %48,46 selestit tenörlü aglomerat %84,13 verilme üretilmiştir. Aglomerasyon süresi arttığında verim yükselmiş fakat seçimlilik sağlanamamıştır.

Selestit tenör ve verim değerlerinin sırasıyla %49,29 ve %60,27 olduğu 0,5 kg/ton EDTA miktarında, karışımdaki selestit miktarı değiştirilerek aglomerasyon deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 83'de verilmiştir.

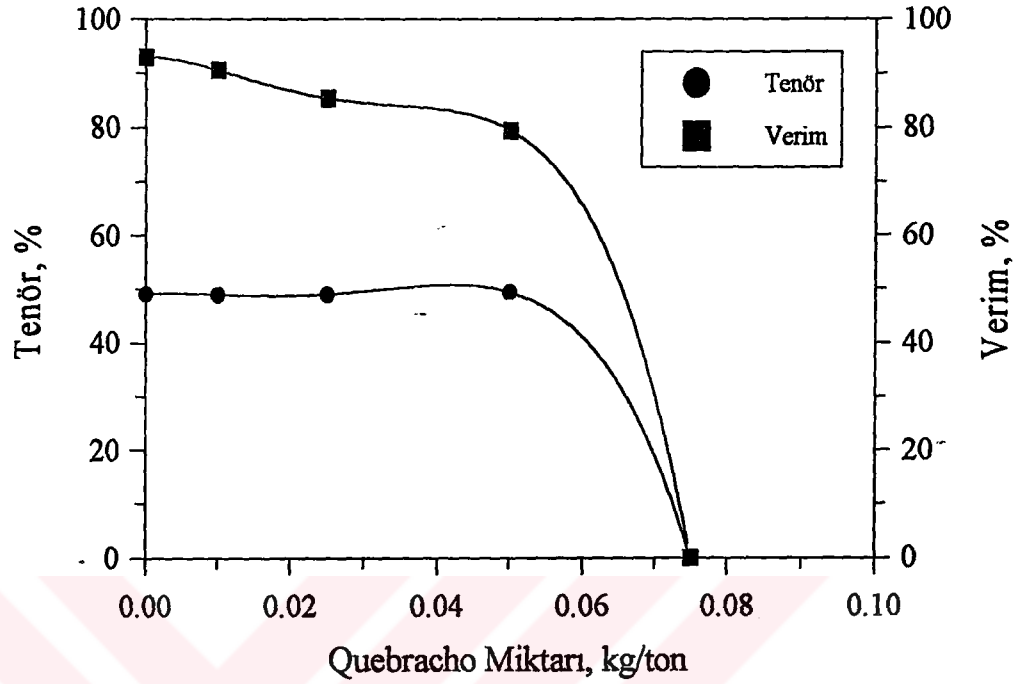


Şekil 83. Selestit ve kalsit karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (EDTA: 0,5 kg/ton; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Karışımındaki selestit miktarına bağlı olarak edilen aglomeratın selestit tenörünün arttığı ve %75 selestit oranında verimin %78,76'ya yükseldiği Şekil 83'de görülmektedir.

4.1.2.2.1.5. Quebracho

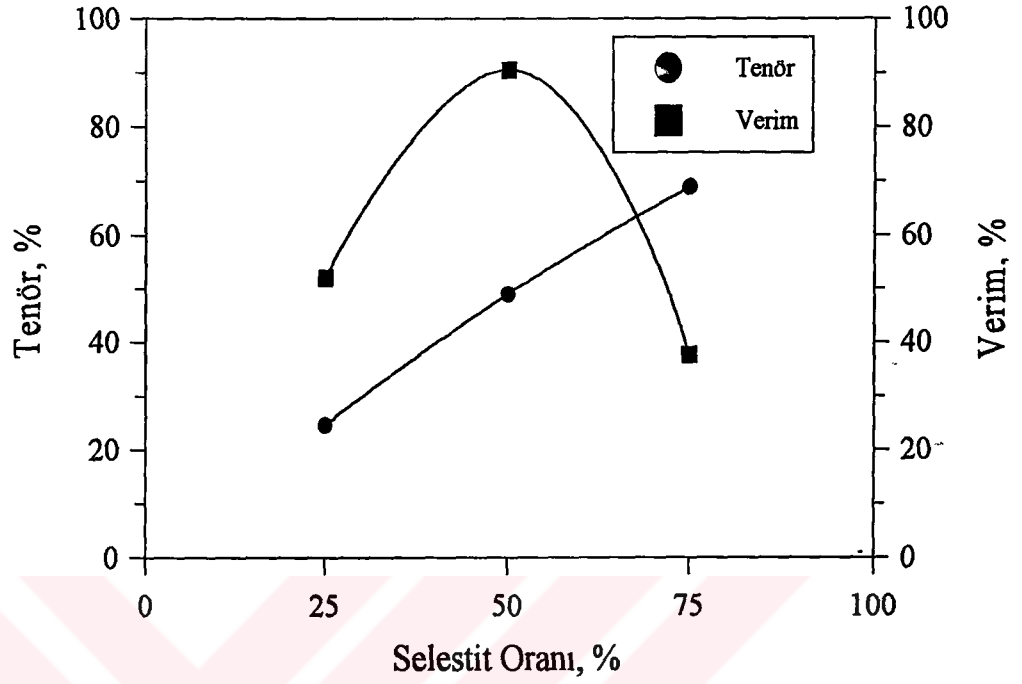
Selestit ve kalsit karışımında, selestit tenör ve veriminin organik bastırıcı olan quebracho miktarı ile değişimini incelemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 84'de verilmiştir.



Şekil 84. Selestit ve kalsit karışımında quebracho miktarının selestit tenörü ve verimine etkisi (selestit+kalsit: %50; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

0,075 kg/ton quebracho miktarında yapılan deneyde aglomerat elde edilemediği Şekil 84'den görülmektedir. Sisteme ilave edilen quebracho miktarı arttıkça selestit tenörü 0,05 kg/ton'a kadar fazla bir değişim göstermemiş, verim ise azalmaya devam etmiştir.

%48,95 selestit tenörlü aglomeratın %90,53 verimle elde edildiği 0,01 kg/ton quebracho miktarında, farklı selestit oranlarında deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 85'de verilmiştir.



Şekil 85. Selestite ve kalsite karışımında selestit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (quebracho: 0,010 kg/ton; pH: 8,5; karıştırma hızı: 1500 dev/dak; gazyağı: 100 L/ton; Na-Oleat: 10 kg/ton; katı oranı: %5; kondisyon süresi: 5 dak; bastırıcı karıştırma süresi: 2 dak; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak; aglomerasyon süresi: 5 dak).

Şekil 85'den de görüldüğü gibi, karışımdaki selestit oranı yükseldikçe elde edilen aglomeratın tenörü de artmış, ancak verim değeri %75 selestit oranında çok düşmüştür.

4.2. Temas Açısı Ölçüm Deneyleri

Selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde etkili olan parametrelerden pH; toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat ve Na-DDS miktarları; bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebracho miktarları ile kritik ıslanma yüzey geriliminin değişimini incelemek amacıyla temas açısı ölçüm deneyleri yapılmış ve ilgili mineralin bağlayıcı sıvı tarafından ıslatılıp-ıslatılamayacağının bir göstergesi olan kritik ıslanma yüzey gerilimi (γ_c) değerleri belirlenmiştir.

Ayrıca, selestit, barit ve kalsit ile yapılan temas açısı ölçüm deneylerinden elde edilen “ $\cos \theta$ ” değerleri sırasıyla EK-2A, EK-2B ve EK-2C’de verilmiştir.

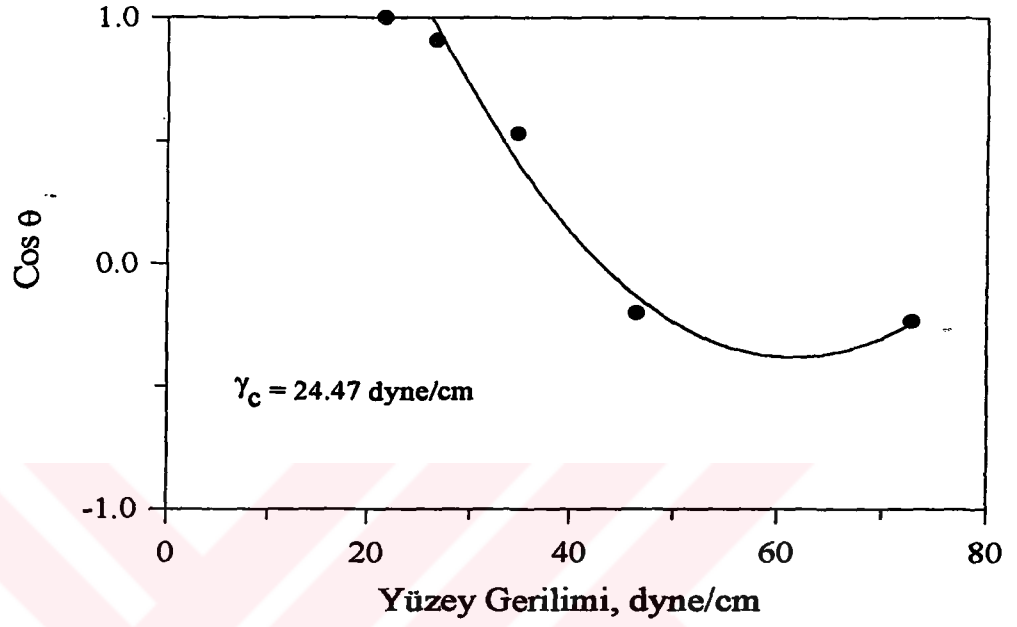
4.2.1. Selestit

Temas açısı ölçümü için numune hazırlanırken, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; kondisyonlama süresi: 5 dak.; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak ve bastırıcıların etkisinin incelendiği deneylerde bastırıcı karıştırma süresi: 5 dak olarak alınmıştır.

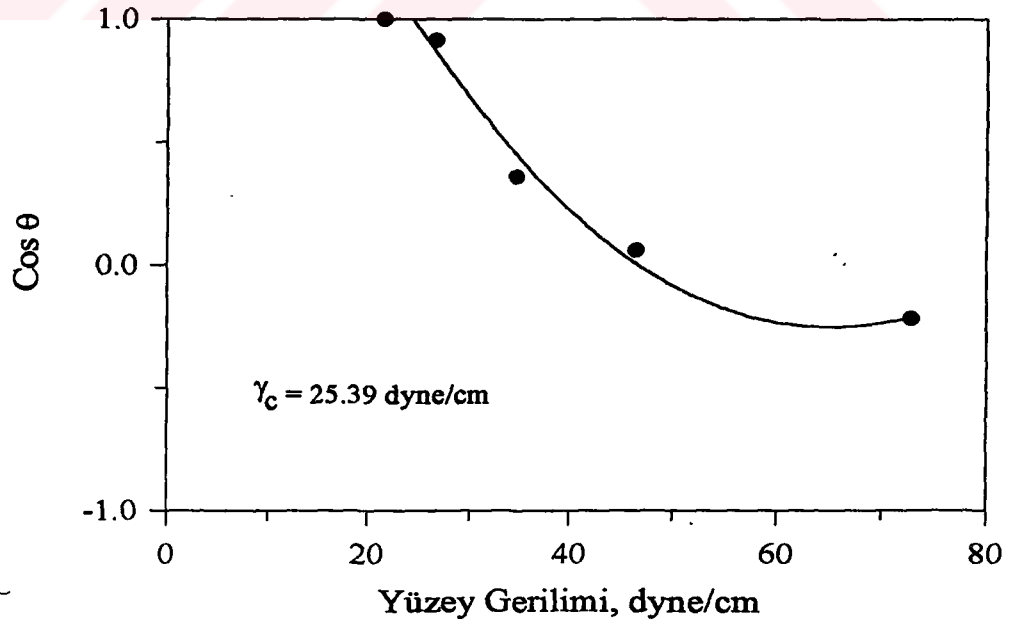
4.2.1.1. pH

Selestitin yağ aglomerasyonunda, pH’ın değişimi ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 3, 5, 7, 9 ve 11’de temas açısı ölçüm deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 86, 87, 88, 89 ve 90’da verilmiştir. Temas açısı ölçüm deneylerinde toplayıcı olarak 10 kg/ton Na-Oleat kullanılmıştır.

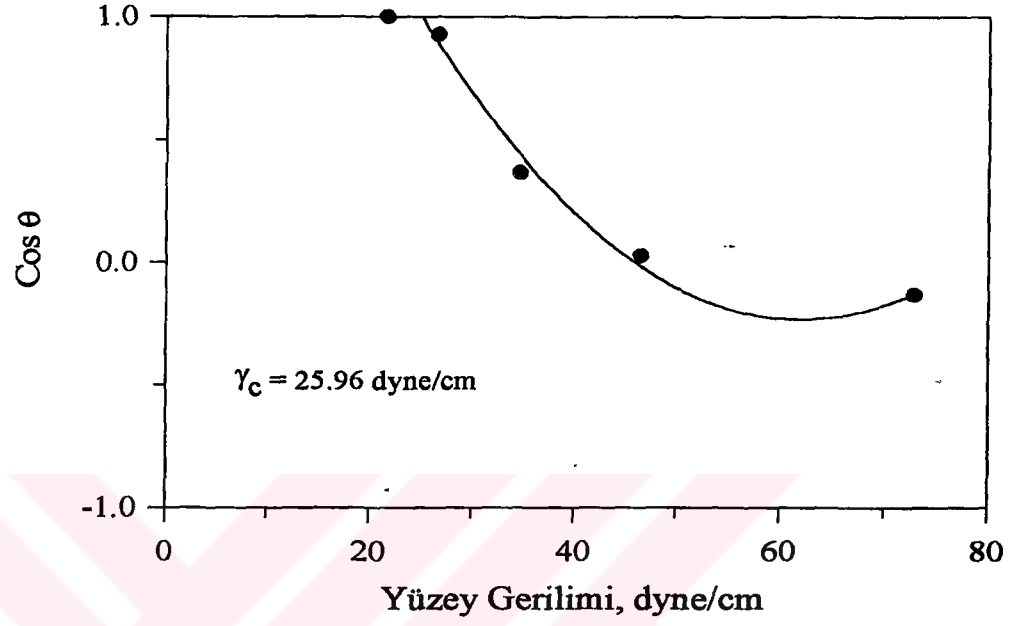
Temas açısı ölçüm deneylerinden elde edilen kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin pH ile değişimini incelemek amacıyla çizilen grafik Şekil 91’de verilmiştir.



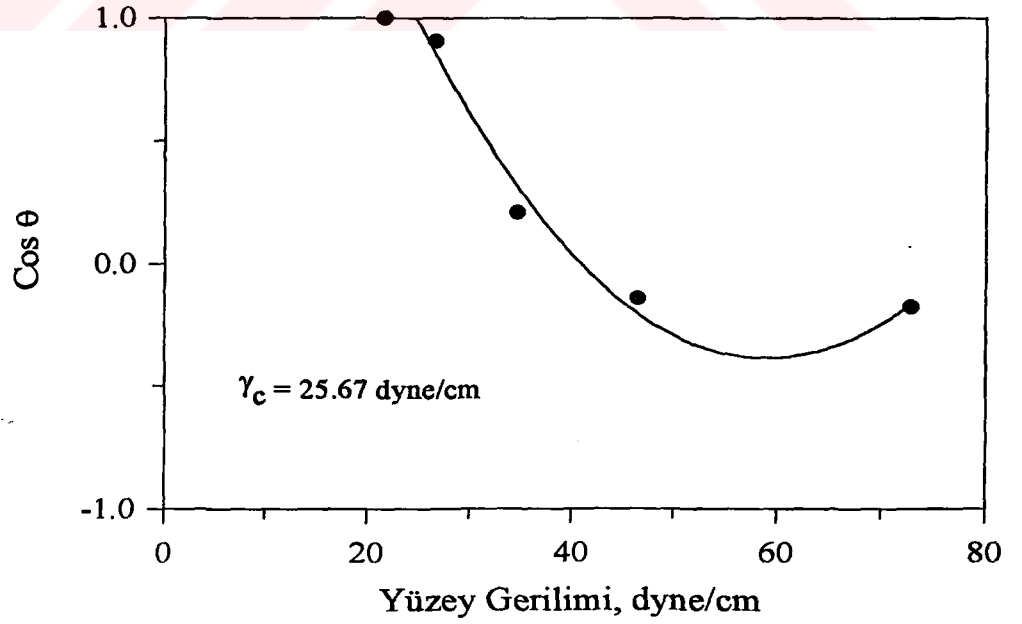
Şekil 86. Selestitin pH 3'te kritik ıslanma yüzey gerilimi.



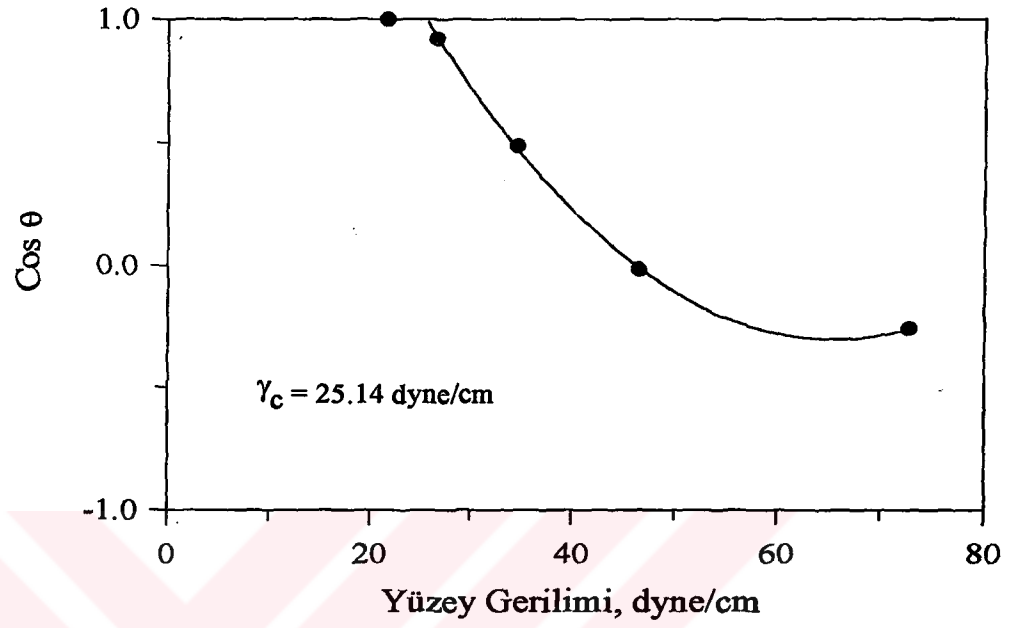
Şekil 87. Selestitin pH 5'te kritik ıslanma yüzey gerilimi.



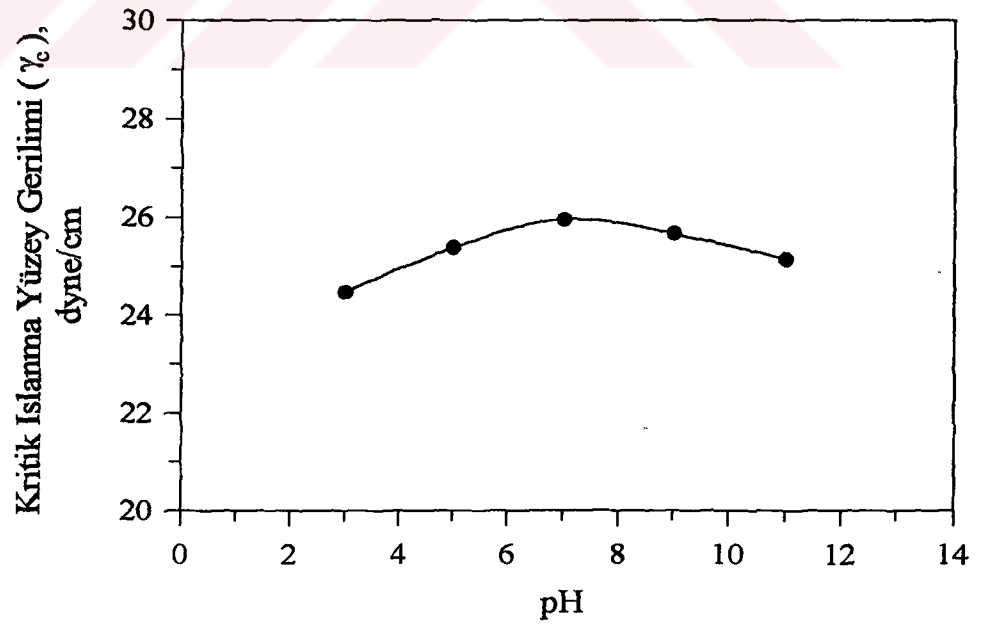
Şekil 88. Selestitin pH 7'de kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 89. Selestitin pH 9'da kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 90. Selestitin pH 11'de kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 91. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi.

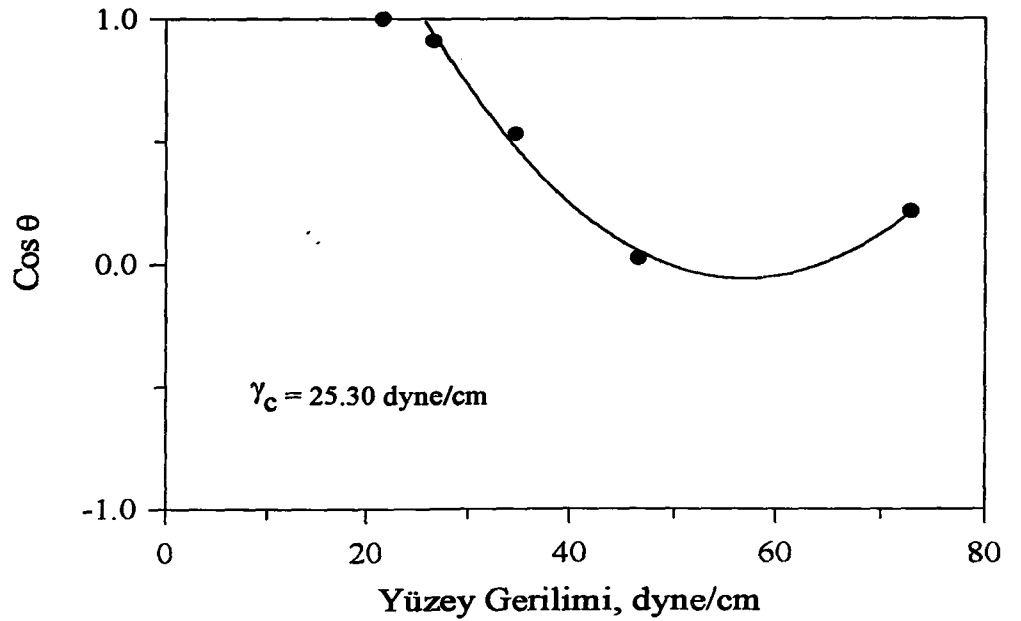
Şekil 91'den görülebileceği gibi, pH'a bağlı olarak selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri dar bir aralıkta değişmektedir. En yüksek aglomerasyon veriminin elde edildiği pH 7'de en yüksek değere ulaşmıştır.

4.2.1.2. Toplayıcılar

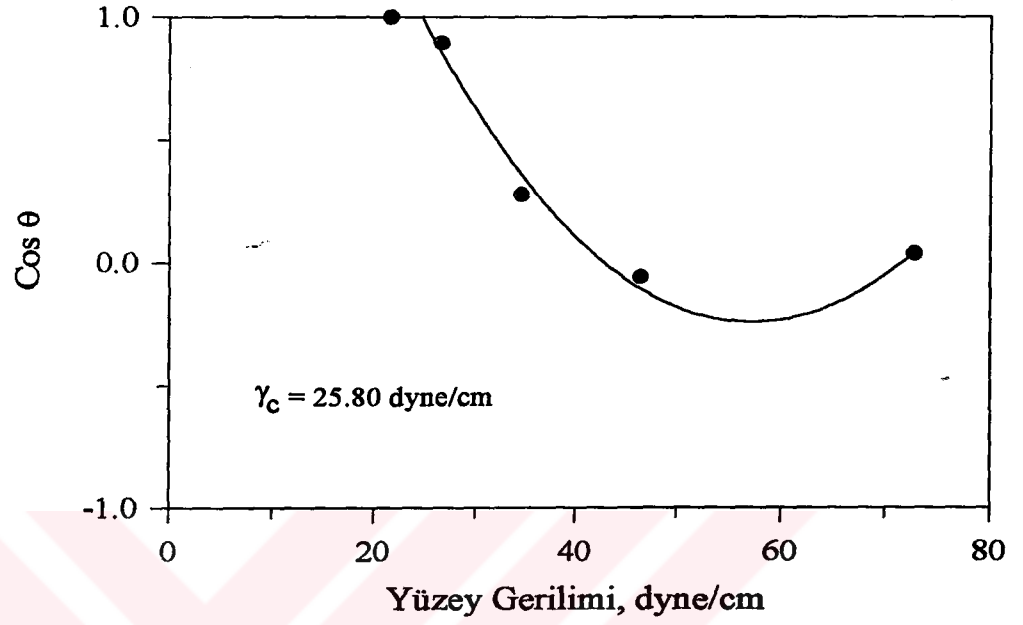
4.2.1.2.1. Na-Oleat

Selestitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat'ın miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini incelemek amacıyla pH 7'de 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 kg/ton Na-Oleat miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 92, 93, 94, 95, 96 ve 97'de verilmiştir.

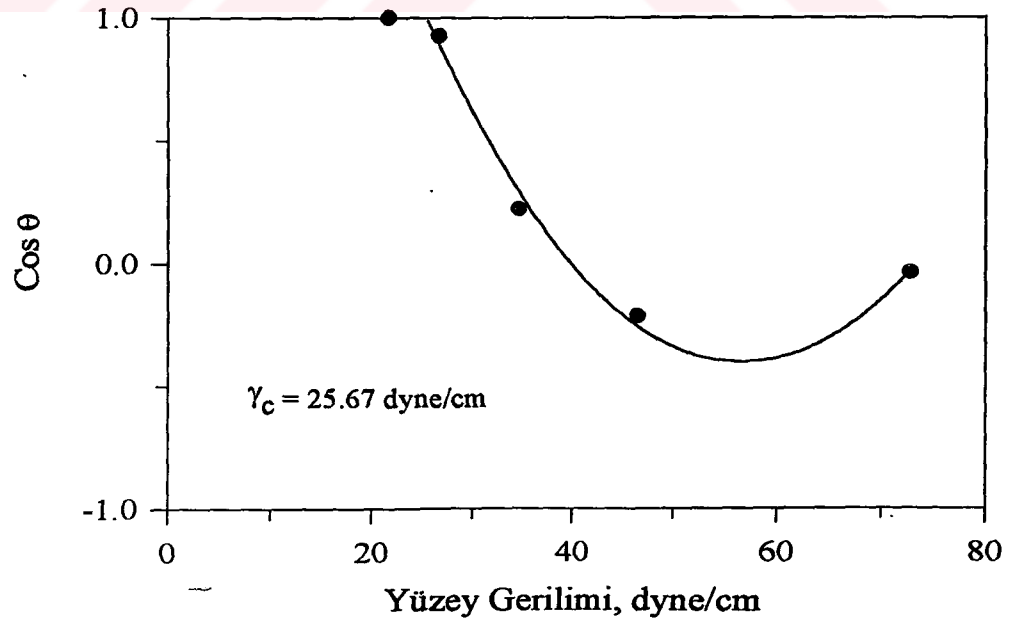
Na-Oleat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 98'de verilmiştir.



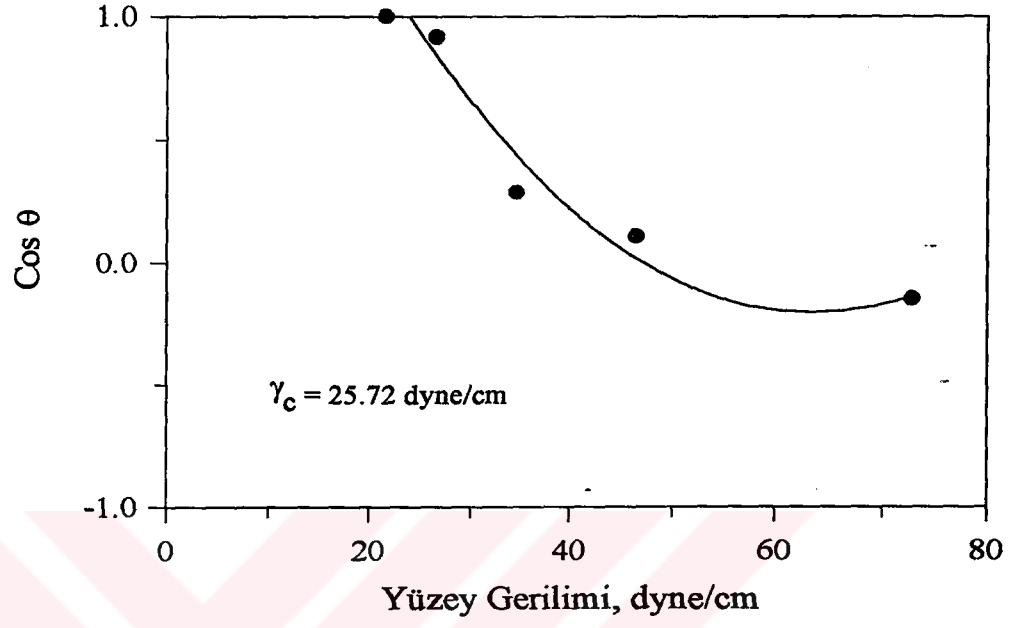
Şekil 92. 2 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



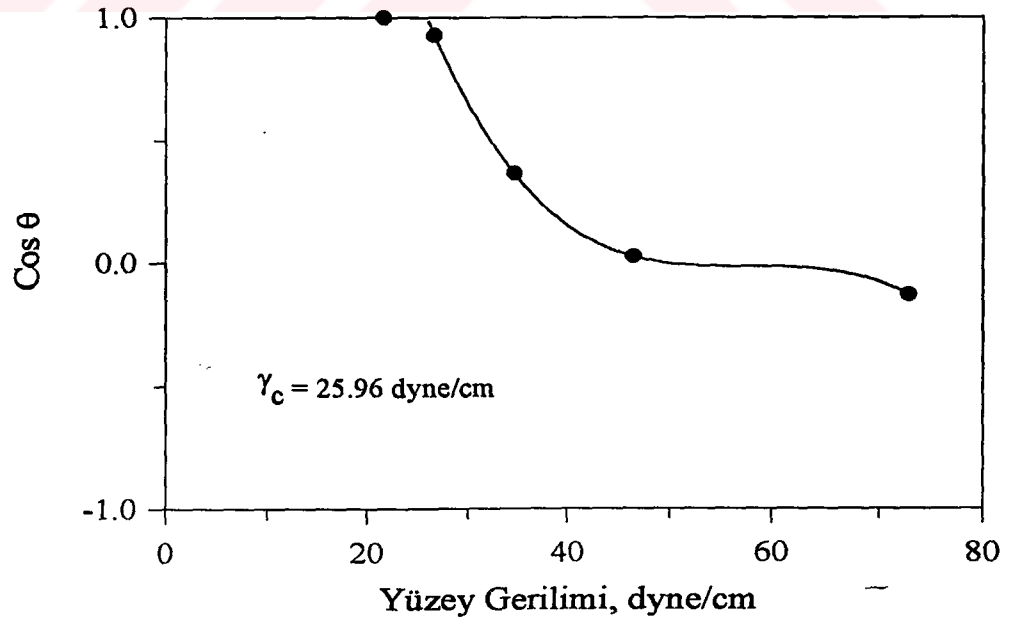
Şekil 93. 4 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



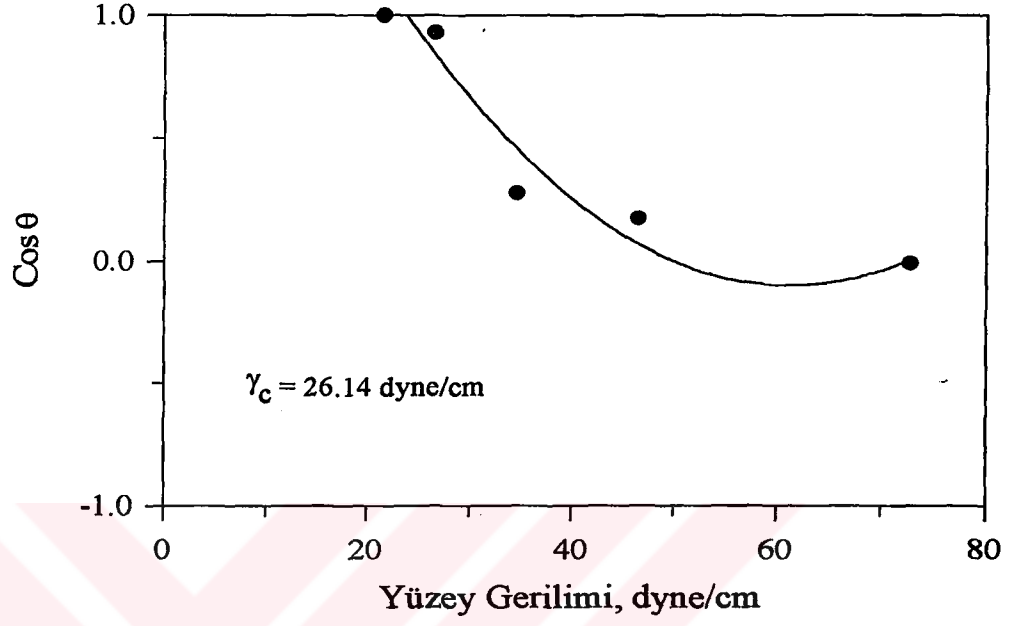
Şekil 94. 6 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



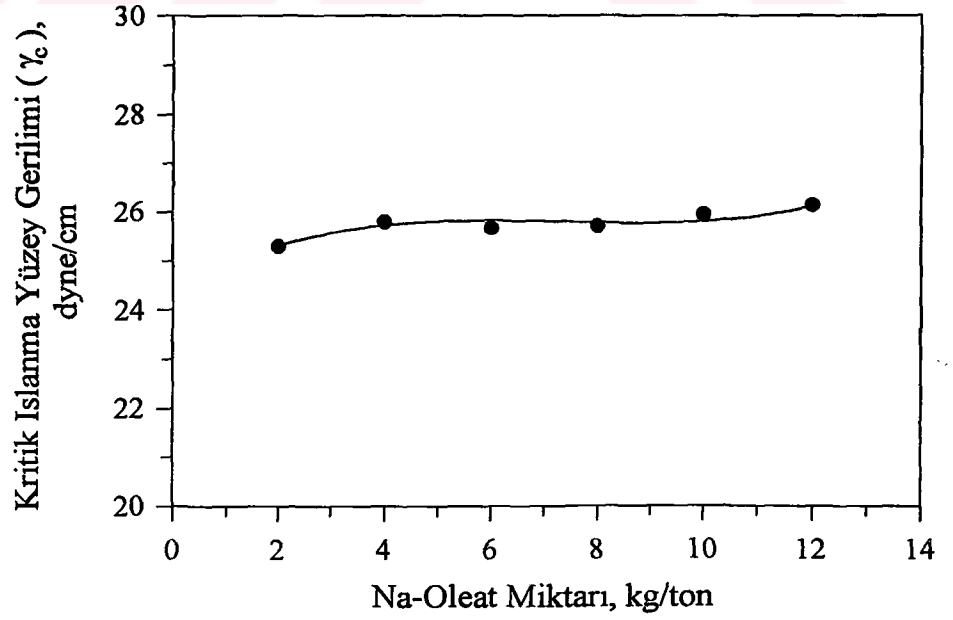
Şekil 95. 8 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 96. 10 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 97. 12 kg/ton Na-Oleat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



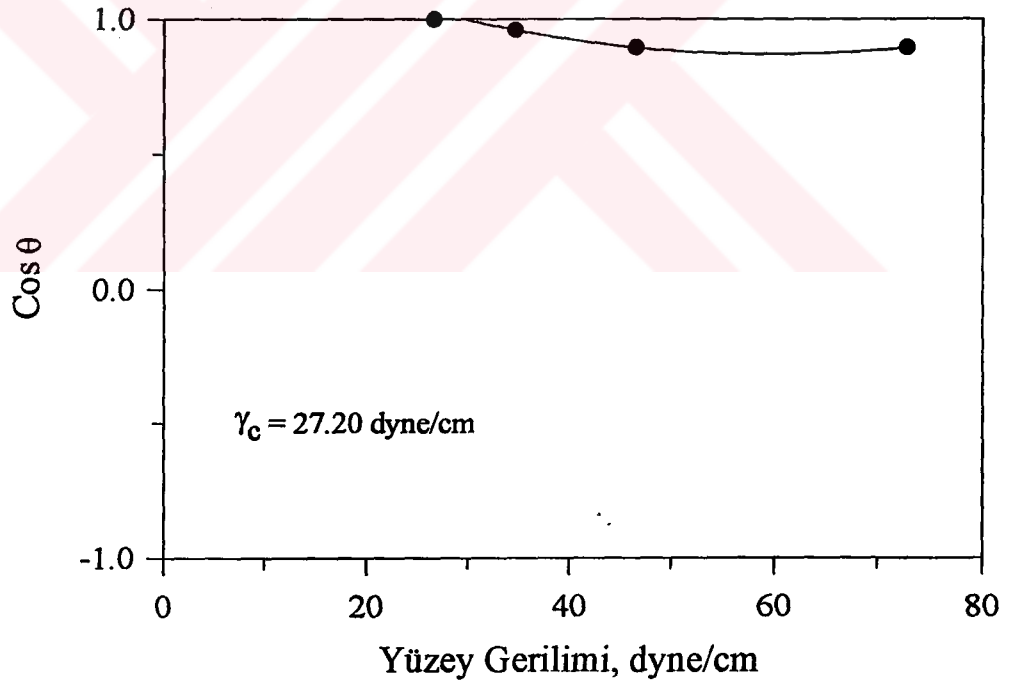
Şekil 98. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarı ile değişimi.

Şekil 98'den görüldüğü gibi, Na-Oleat miktarına bağlı olarak selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri dar bir aralıkta değişmektedir.

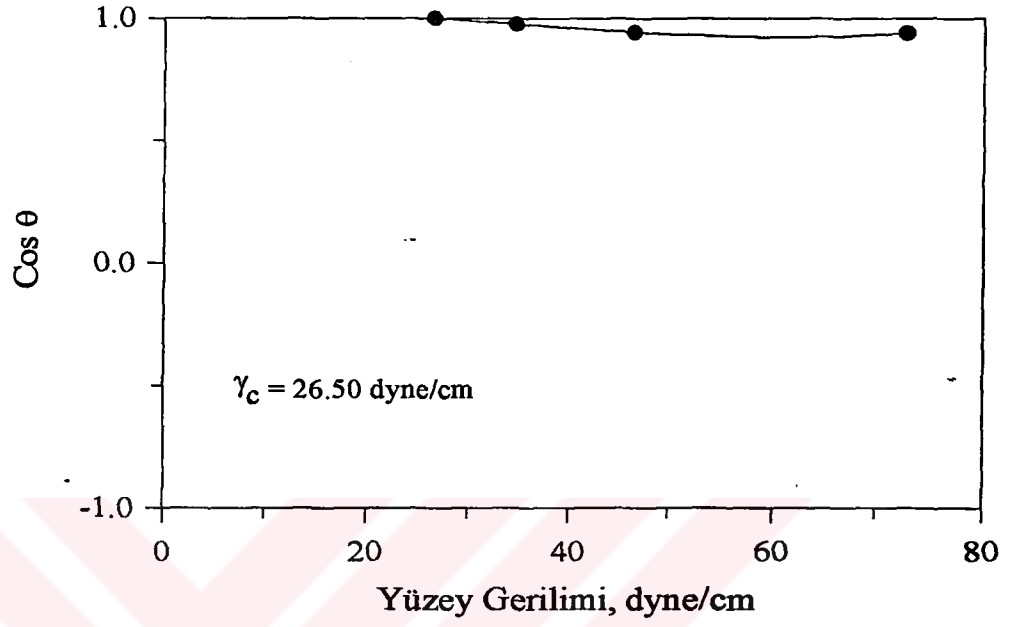
4.2.1.2.2. Na-DDS

Selestitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini incelemek amacıyla pH 7'de 5, 10, 20 ve 30 kg/ton Na-DDS miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 99, 100, 101 ve 102'de verilmiştir.

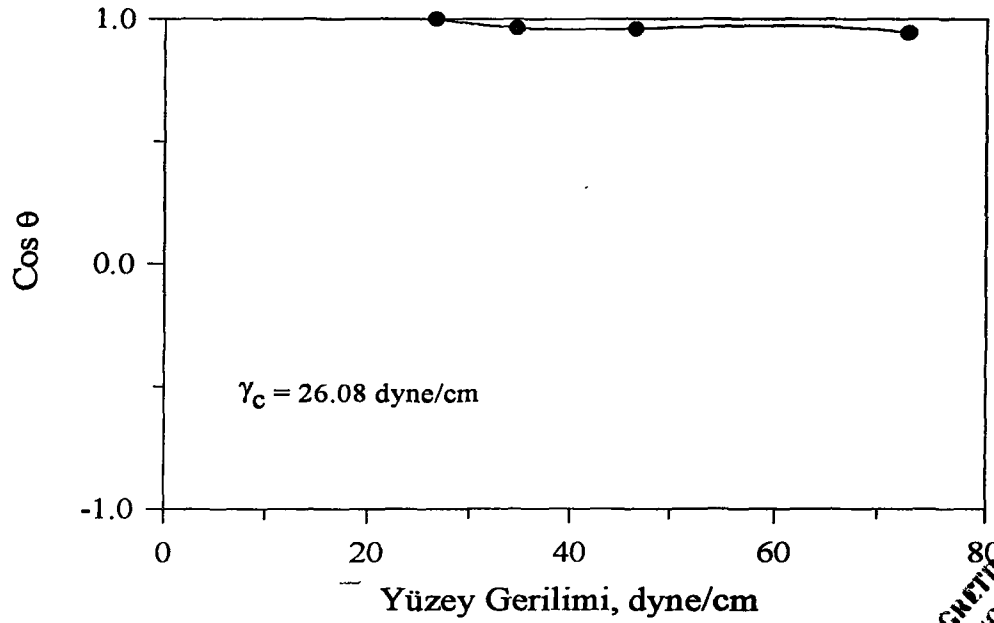
Na-DDS miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 103'de verilmiştir.



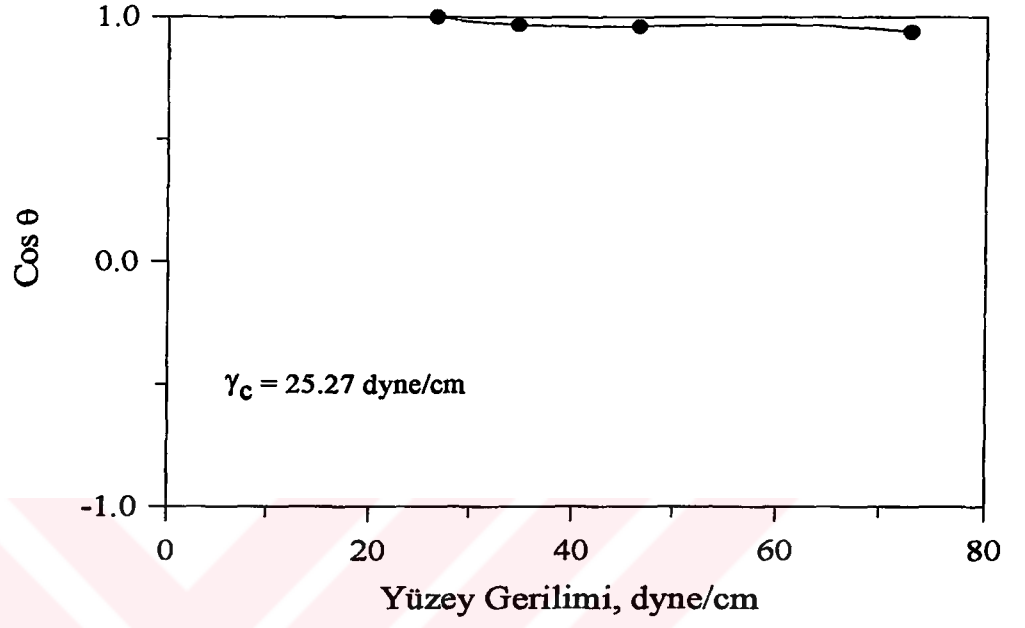
Şekil 99. 5 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



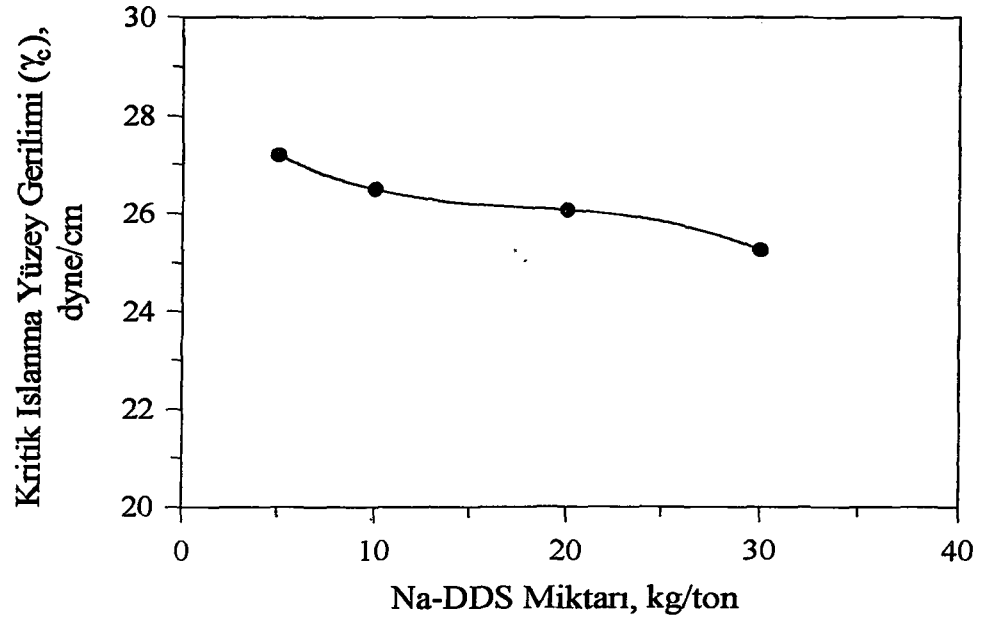
Şekil 100. 10 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 101. 20 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 102. 30 kg/ton Na-DDS miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 103. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarı ile değişimi.

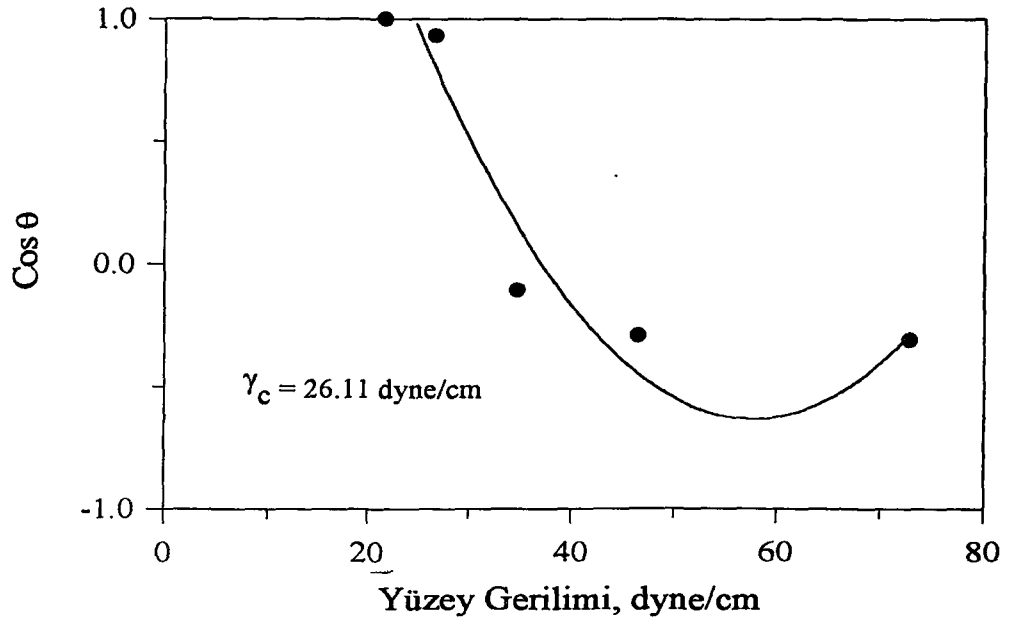
Toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS'ın miktarı arttıkça, selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin dar bir aralıkta değişmek üzere azaldığı Şekil 103'den görülmektedir.

4.2.1.3. Bastırıcılar

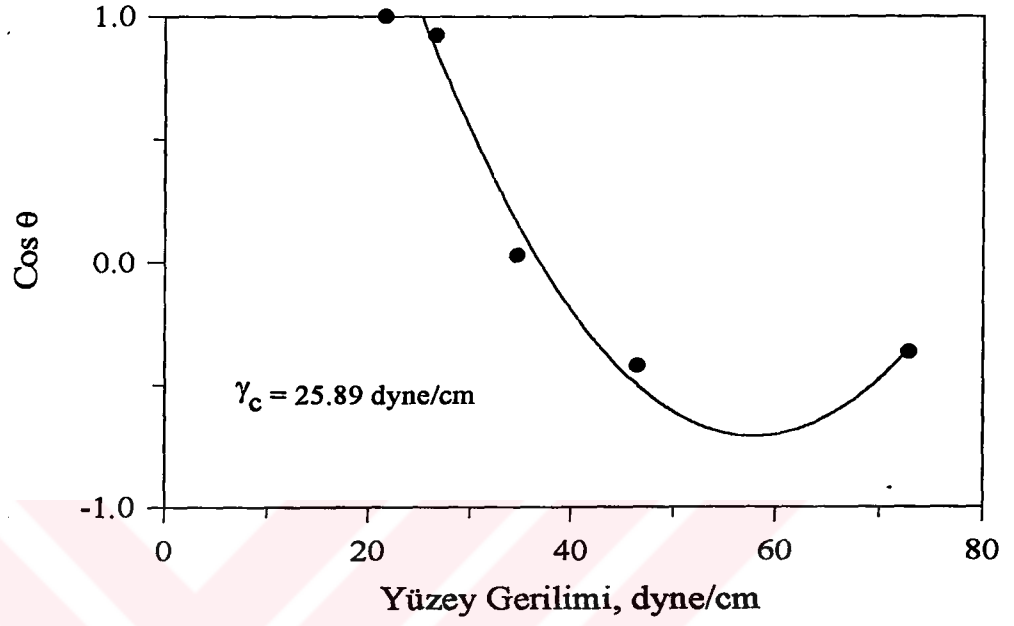
4.2.1.3.1. Sodyum Silikat

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikat miktarının selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla pH 7'de 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,05, 0,1 ve 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 104, 105 ve 106'da verilmiştir.

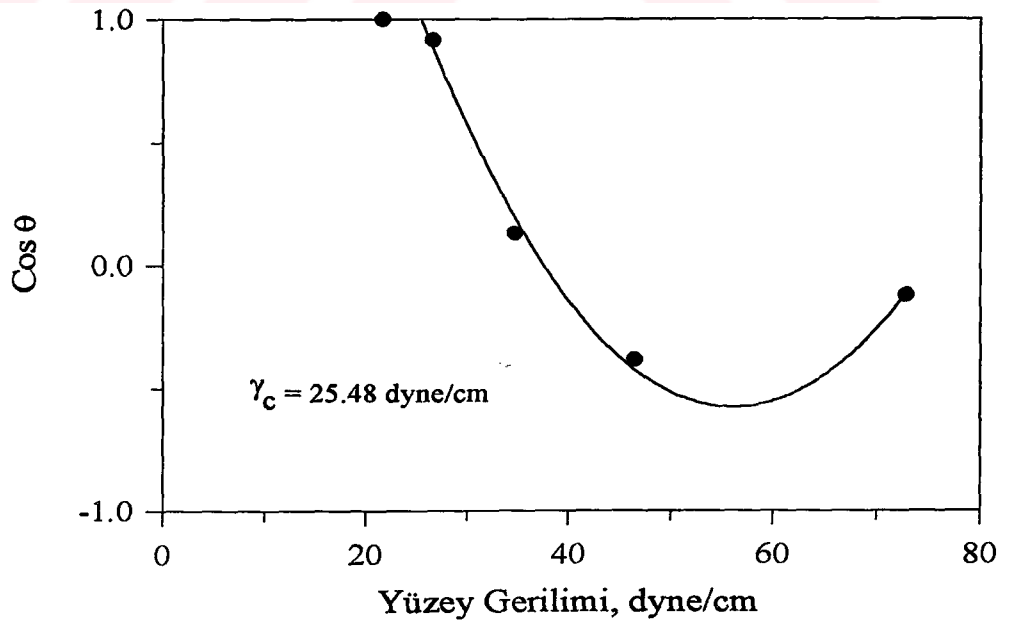
Sodyum silikat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 107'da verilmiştir.



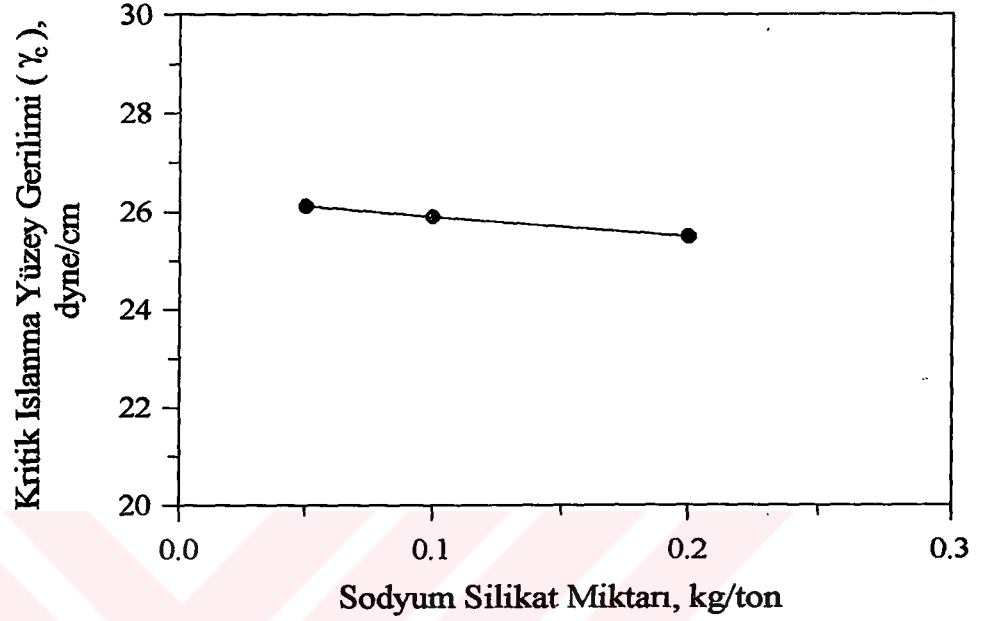
Şekil 104. 0,05 kg/ton sodyum silikat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 105. 0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 106. 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



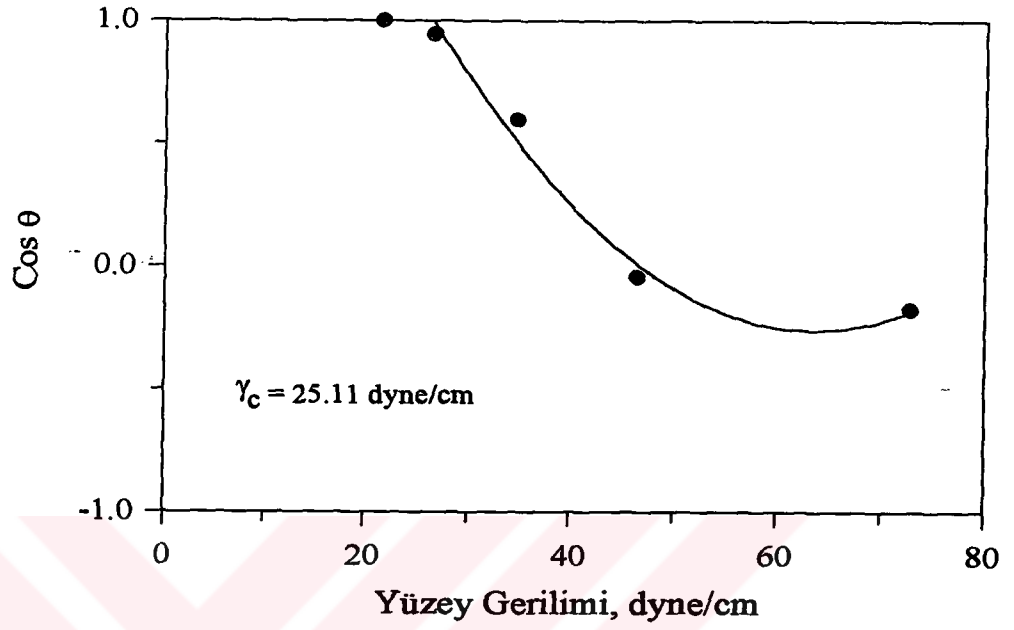
Şekil 107. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi.

Şekil 107'den görüldüğü gibi, sodyum silikat miktarı arttıkça, selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinde çok düşük değişimler gözlenmektedir.

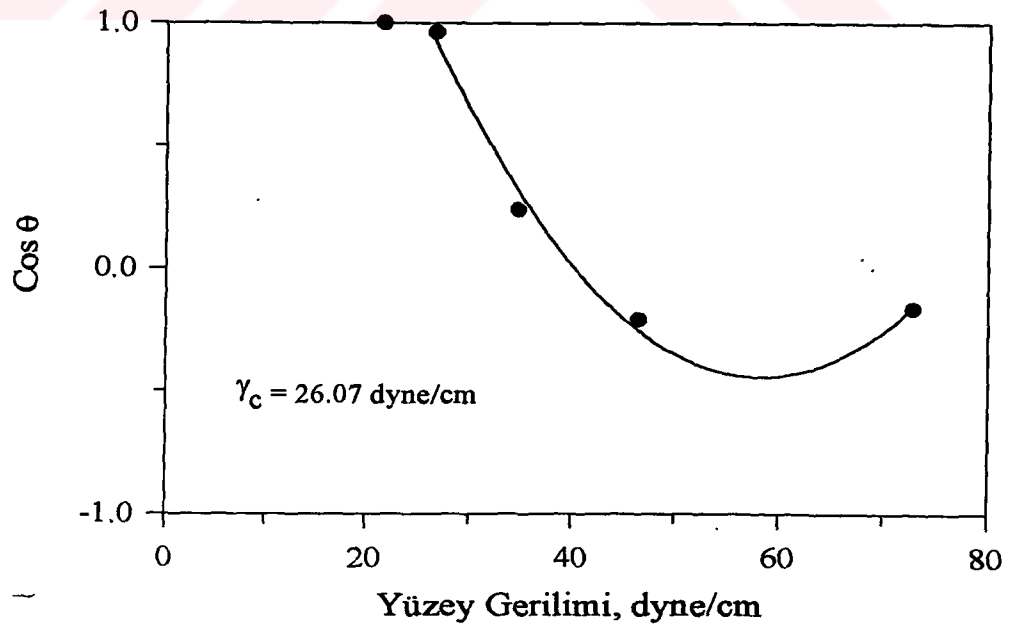
4.2.1.3.2. Sitrik Asit

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sitrik asit miktarının selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla pH 7'de 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,05, 0,1 ve 0,2 kg/ton sitrik asit miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 108, 109 ve 110'da verilmiştir.

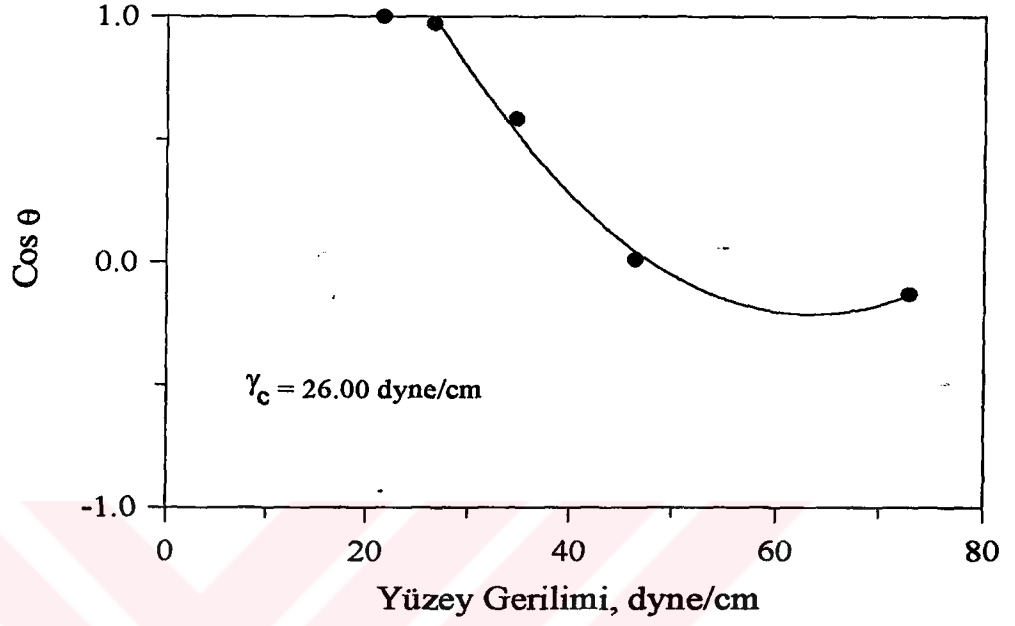
Sitrik asit miktarı ile selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 111'de verilmiştir.



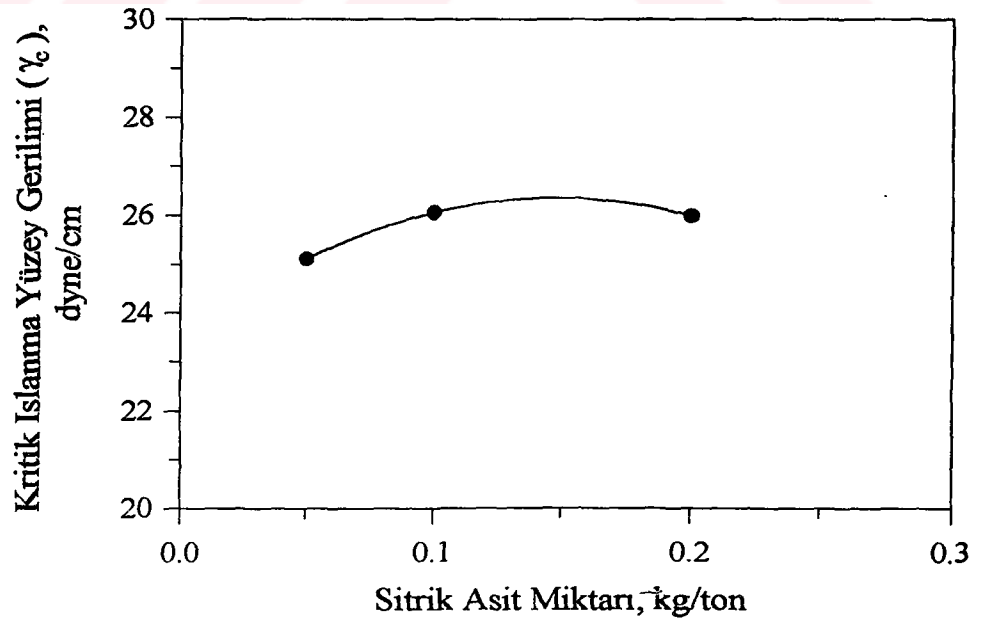
Şekil 108. 0,05 kg/ton sitrik asit miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 109. 0,1 kg/ton sitrik asit miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 110. 0,2 kg/ton sitrik asit miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



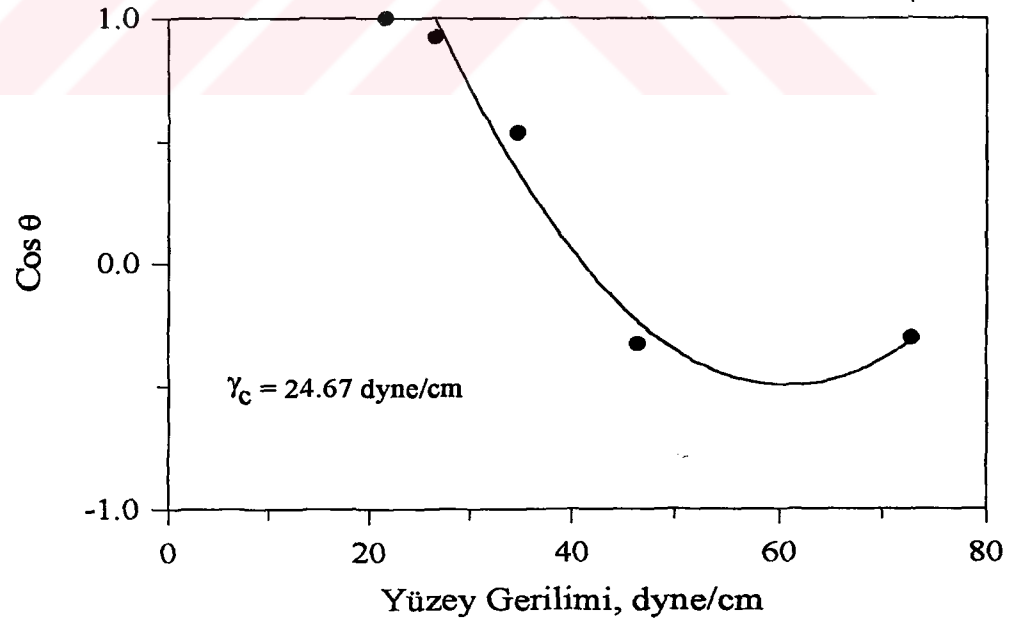
Şekil 111. Selestite kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi.

Bastırıcı olarak kullanılan sitrik asitin miktarı arttıkça, selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinde çok küçük bir artış meydana geldiği Şekil 111'de görülmektedir.

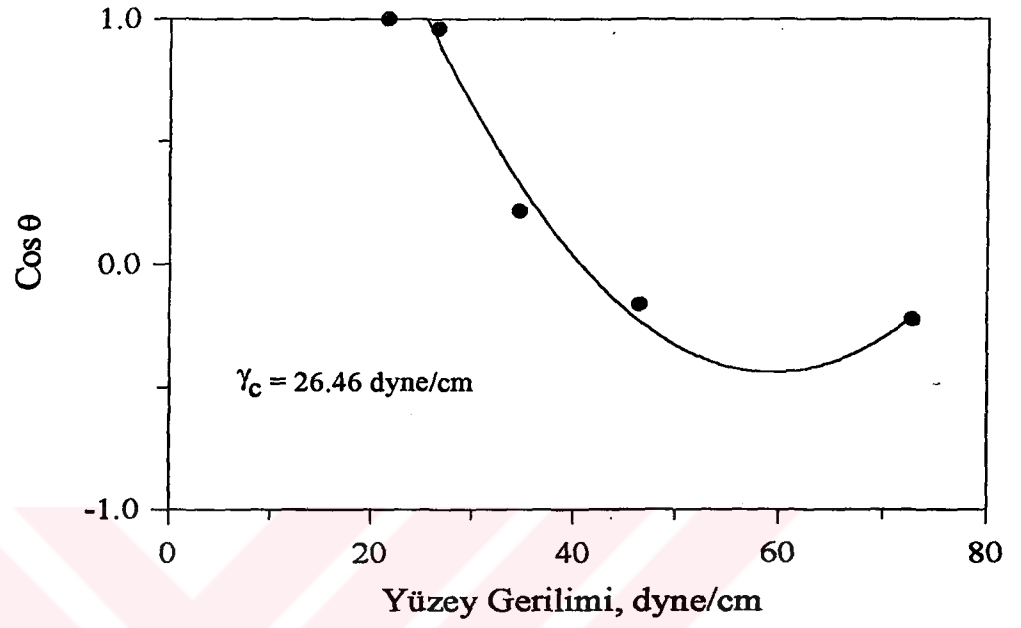
4.2.1.3.3. Dekstrin

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan dekstrin miktarının selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla pH 7'de 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,1, 0,3 ve 0,5 kg/ton dekstrin miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 112, 113 ve 114'de verilmiştir.

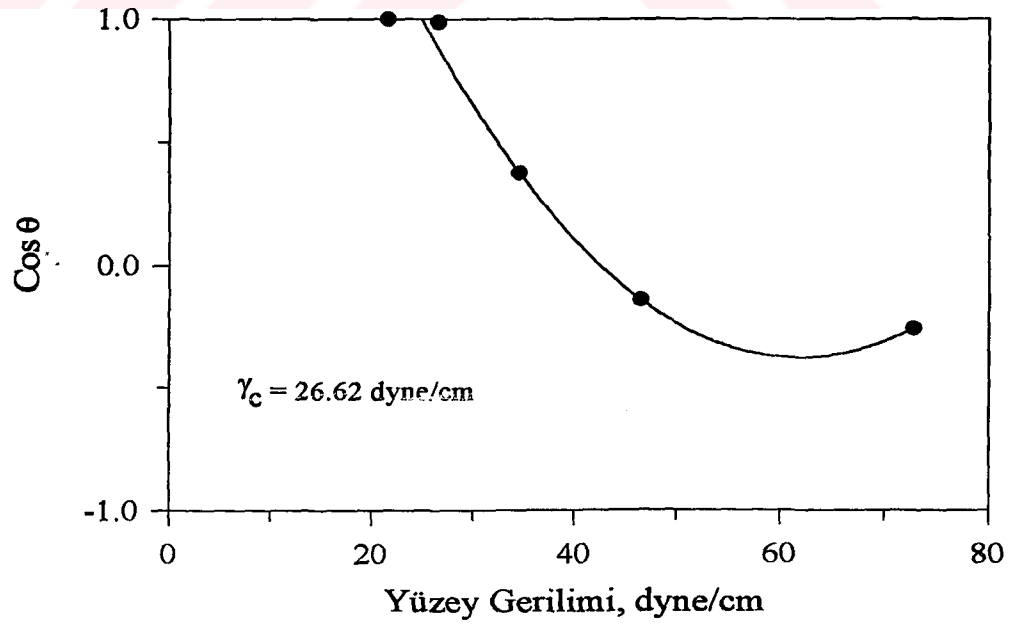
Dekstrin miktarı ile selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 115'de verilmiştir.



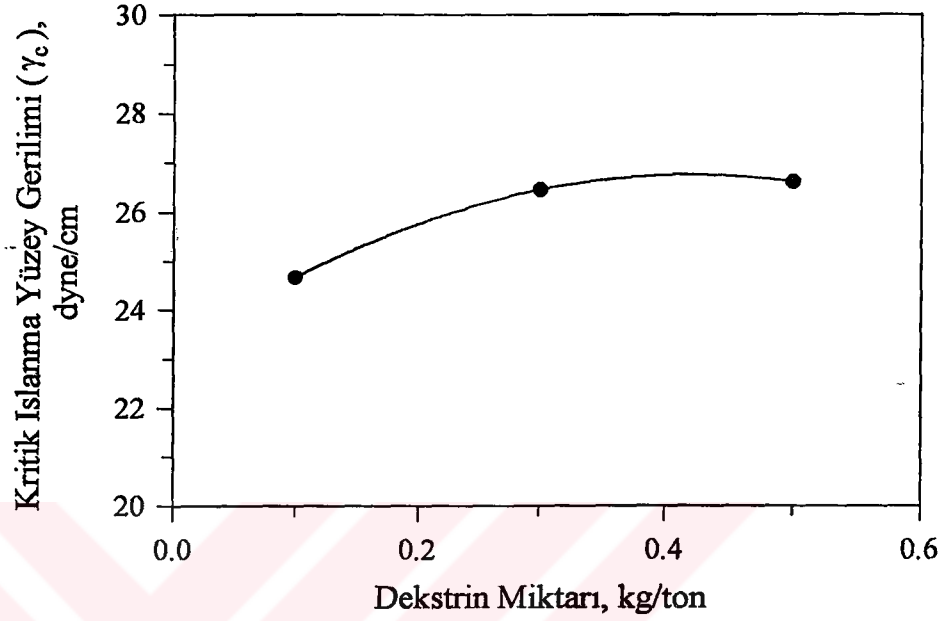
Şekil 112. 0,1 kg/ton dekstrin miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 113. 0,3 kg/ton dekstrin miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 114. 0,5 kg/ton dekstrin miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



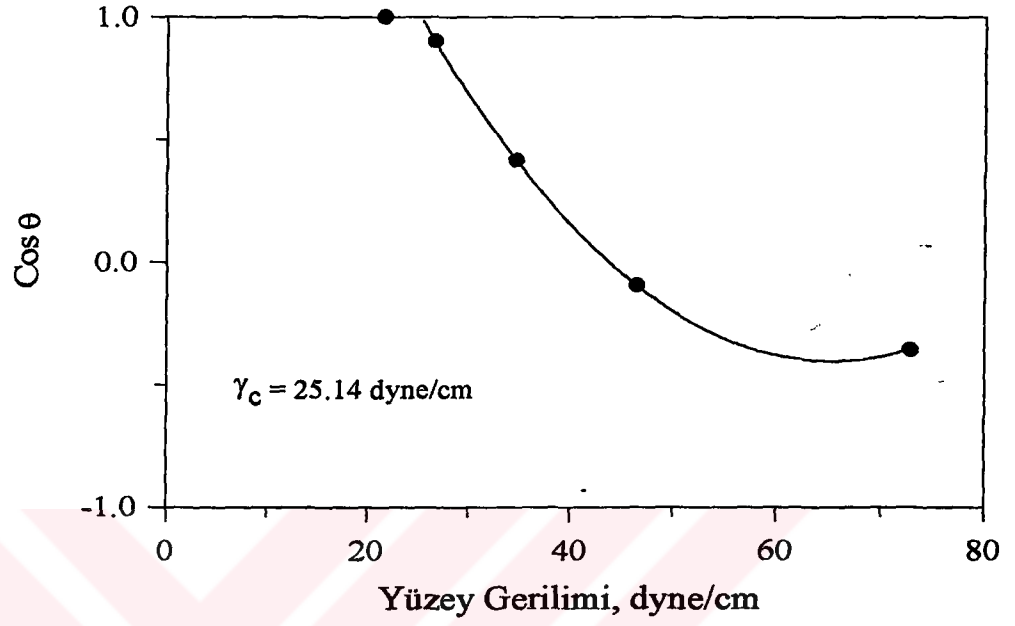
Şekil 115. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin dekstrin miktarı ile değişimi.

Şekil 115'den, dekstrin miktarı arttıkça selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinde çok küçük bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Ancak, dekstrin ile elde edilen tüm kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri gazyağının yüzey gerilimi değerine çok yakındır.

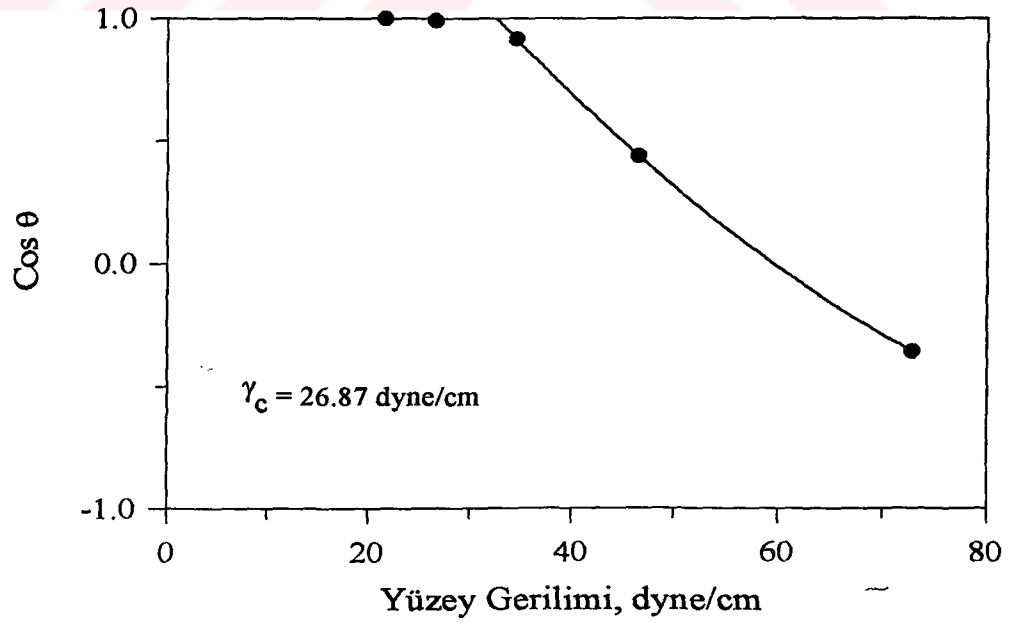
4.2.1.3.4. EDTA

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan EDTA miktarının selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla pH 7'de 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 5, 10 ve 14 kg/ton EDTA miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 116, 117 ve 118'de verilmiştir.

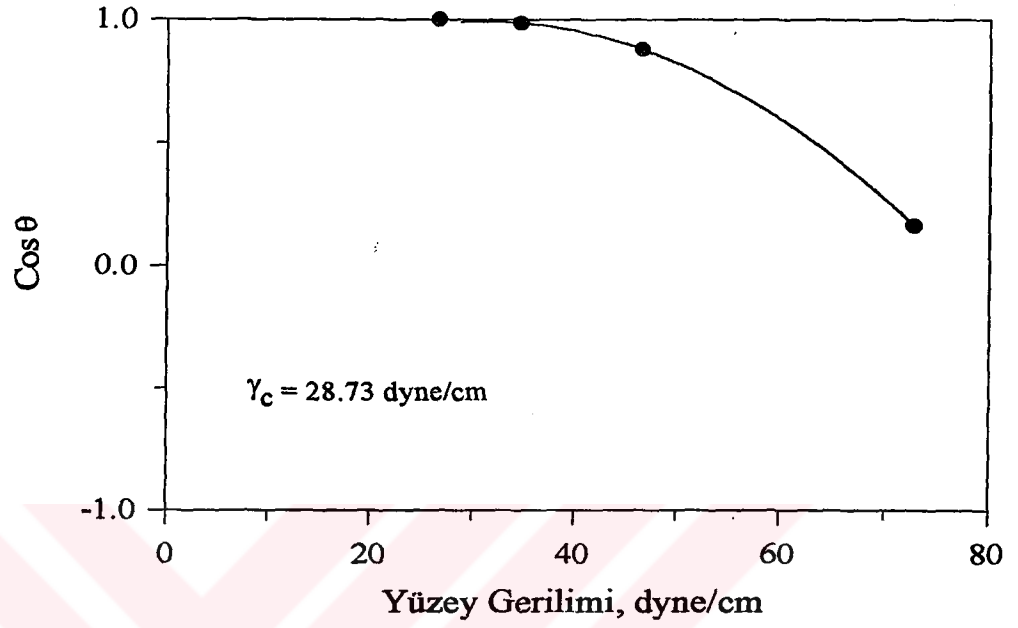
EDTA miktarı ile selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 119'da verilmiştir.



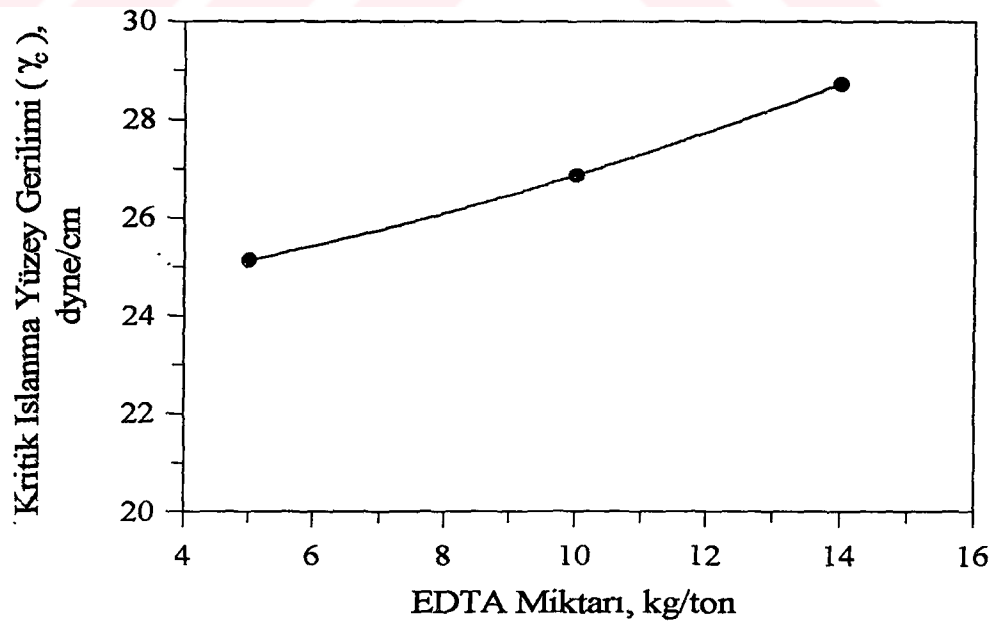
Şekil 116. 5 kg/ton EDTA miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 117. 10 kg/ton EDTA miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 118. 14 kg/ton EDTA miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



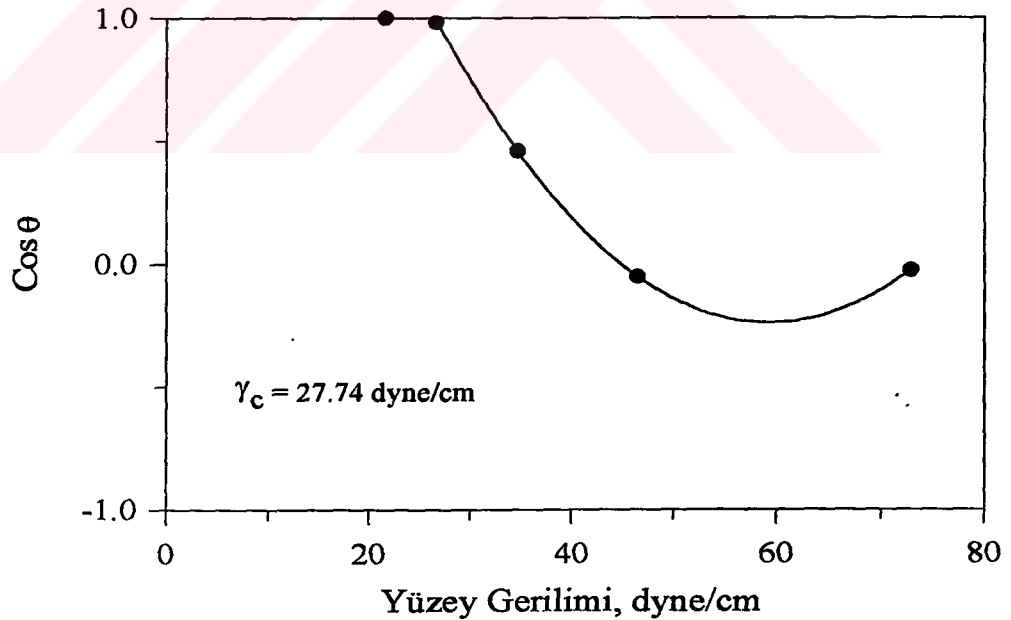
Şekil 119. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi.

Şekil 119'dan görüldüğü gibi, EDTA miktarına bağlı olarak selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinde dar bir aralıkta artış meydana gelmiştir.

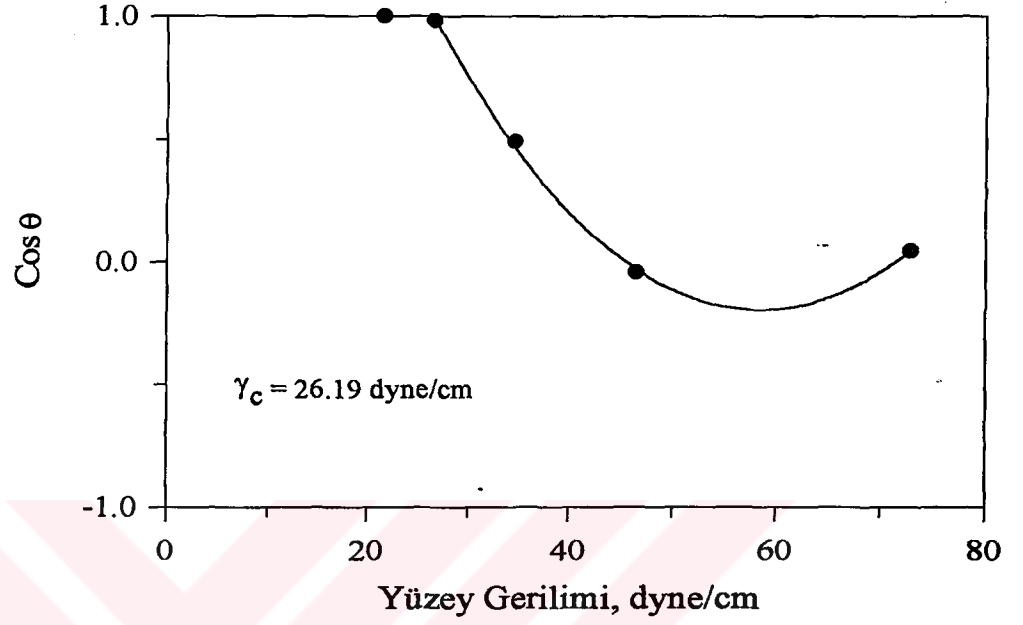
4.2.1.3.5. Quebracho

Selestitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan quebrachonun miktarının selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla pH 7'de 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,01, 0,02 ve 0,03 kg/ton quebracho miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 120, 121 ve 122'de verilmiştir.

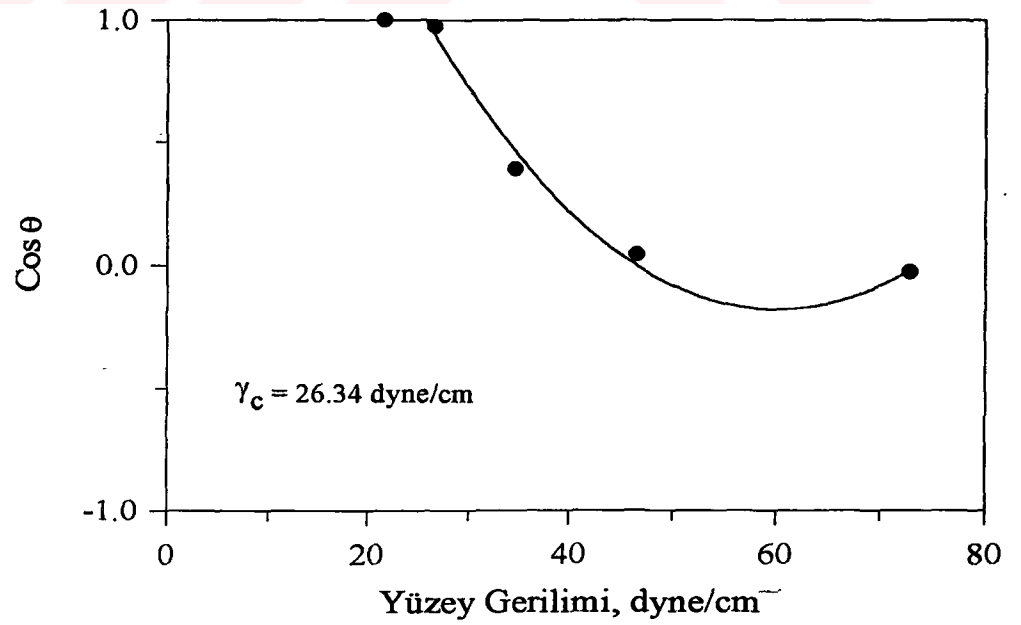
Quebracho miktarı ile selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 123'de görüldüğü gibidir.



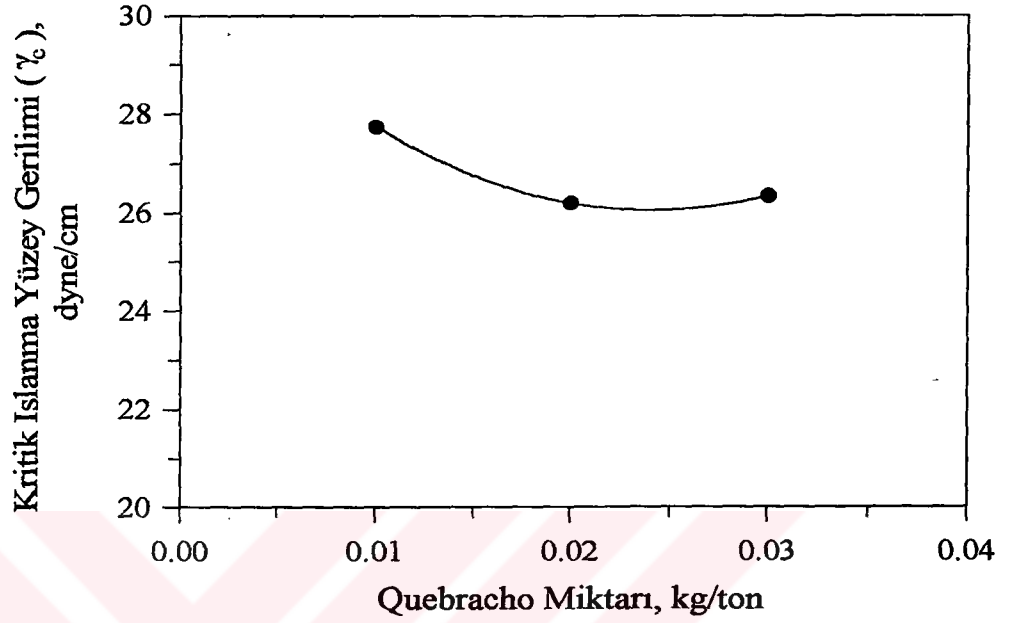
Şekil 120. 0,01 kg/ton quebracho miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 121. 0,02 kg/ton quebracho miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 122. 0,03 kg/ton quebracho miktarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 123. Selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi.

Aglomerasyon sistemine quebracho ilave edildiğinde de selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin, gazyağının yüzey gerilimine yakın bir aralıkta değiştiği Şekil 123’de görülmektedir.

4.2.2. Barit

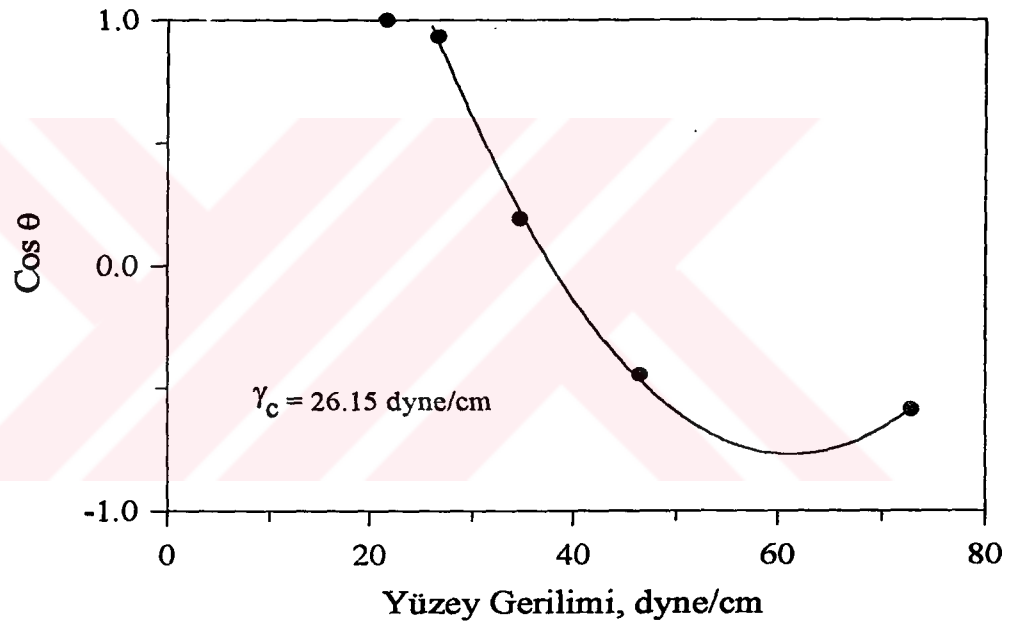
Temas açısı ölçümü deneylerine numune hazırlanırken, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; kondisyonlama süresi: 2 dak.; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak ve bastırıcıların etkisinin incelendiği deneylerde bastırıcı karıştırma süresi: 5 dak olarak alınmıştır.

4.2.2.1. pH

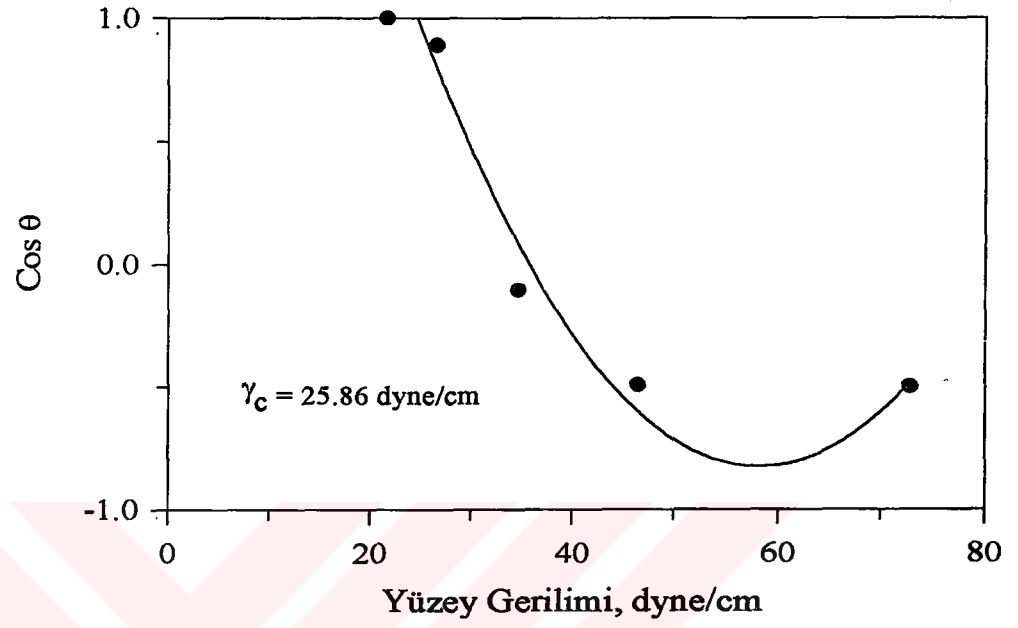
Baritin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde, pH’ın değişimi ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla 3 kg/ton Na-

Oleat kullanılarak, pH 3, 5, 7, 9, 10 ve 12’de temas açısı ölçüm deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 124, 125, 126, 127, 128 ve 129’da verilmiştir.

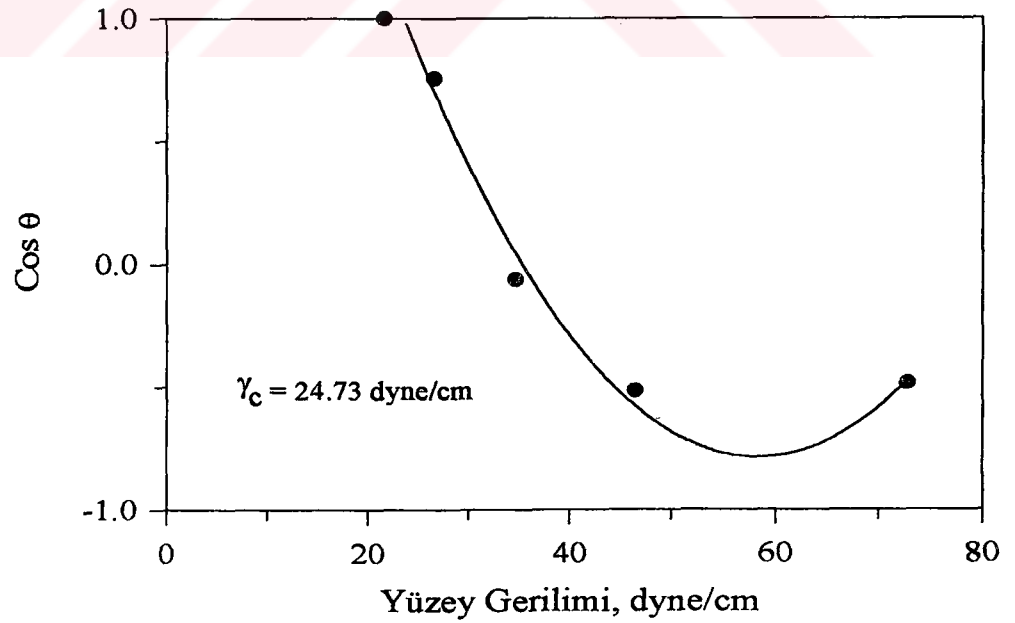
Temas açısı ölçüm deneylerinden elde edilen kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin pH ile değişimini incelemek amacıyla çizilen grafik Şekil 130’da verilmiştir.



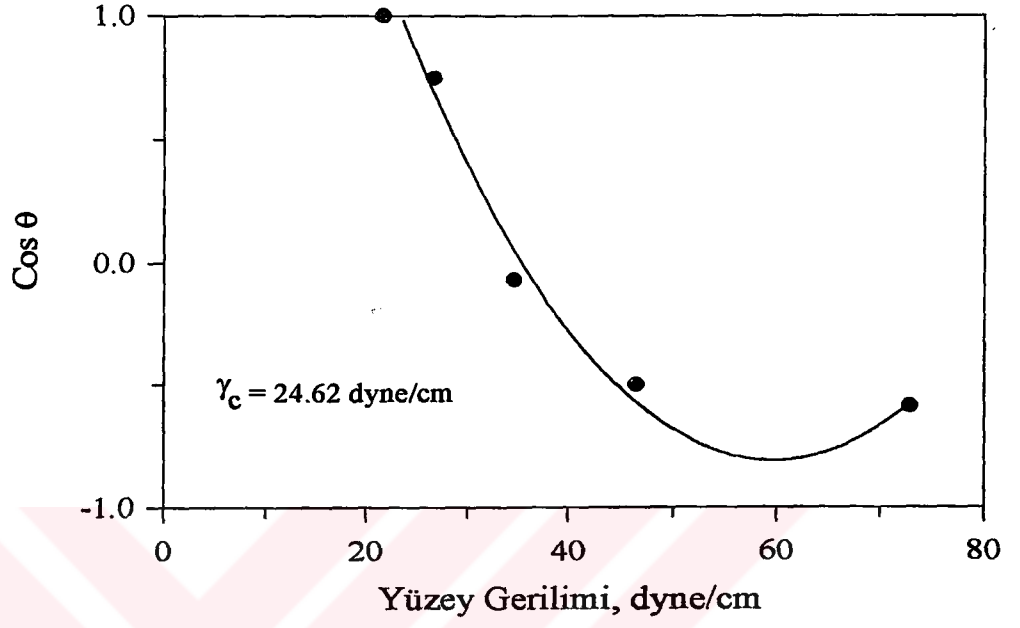
Şekil 124. Baritin pH 3’te kritik ıslanma yüzey gerilimi.



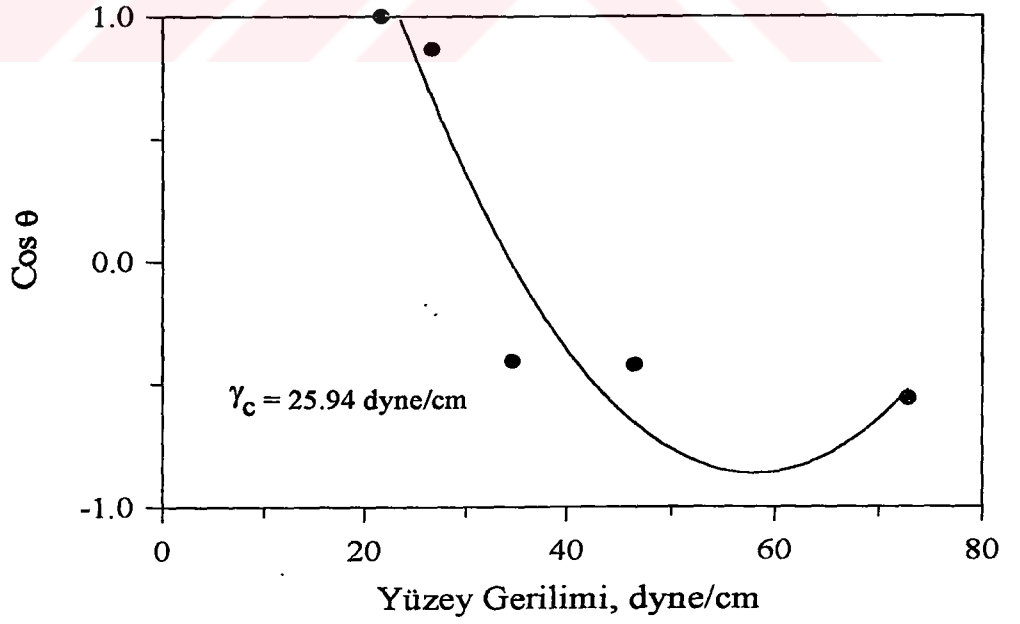
Şekil 125. Baritin pH 5'te kritik ıslanma yüzey gerilimi.



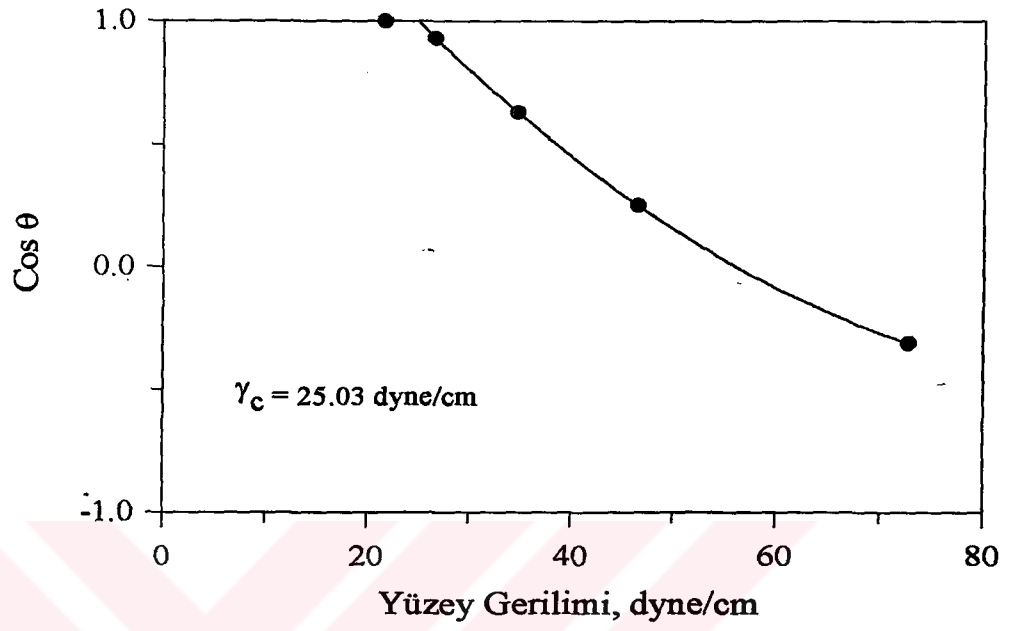
Şekil 126. Baritin pH 7'de kritik ıslanma yüzey gerilimi.



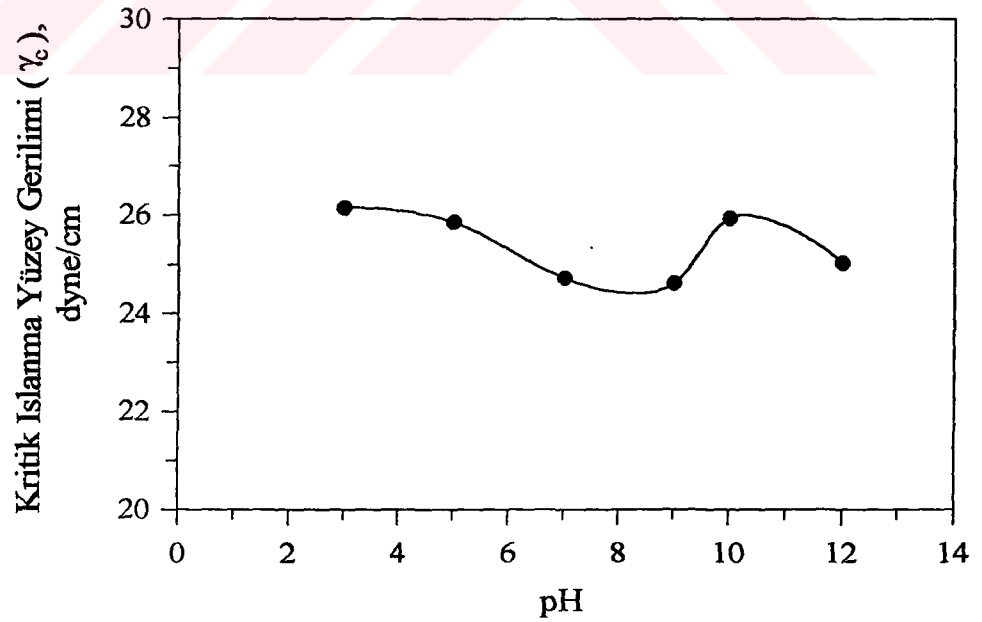
Şekil 127. Baritin pH 9'da kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 128. Baritin pH 10'da kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 129. Baritin pH 12'de kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 130. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi.

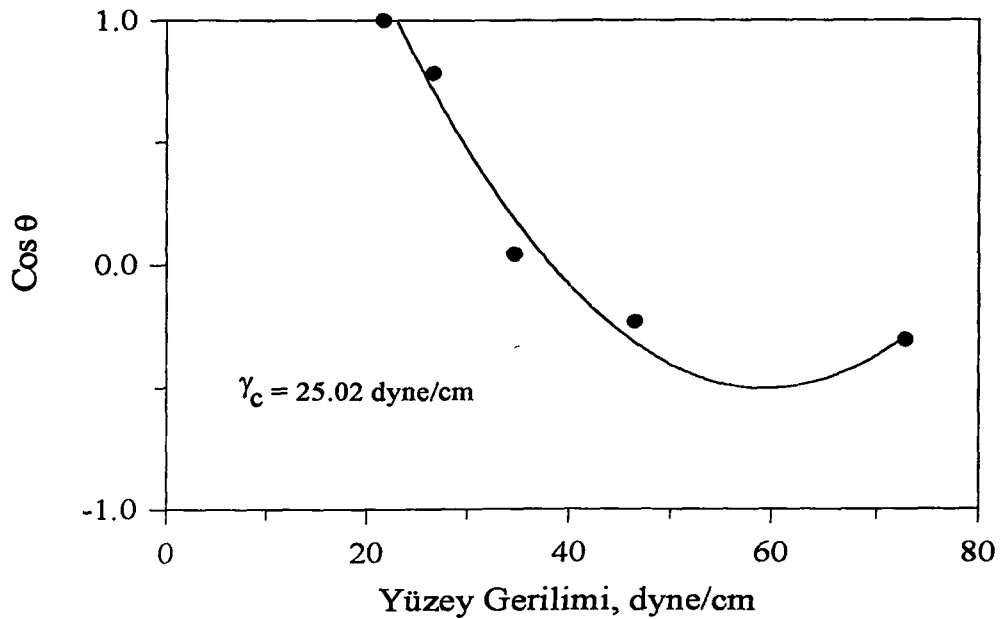
Şekil 130 incelendiğinde, baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin değerinin pH 5 ve 10'da gazyağının yüzey gerilimine çok yakın olduğu görülmektedir. Bunun dışındaki pH'larda, baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde çok küçük değişimler gözlenmiştir.

4.2.2.2. Toplayıcılar

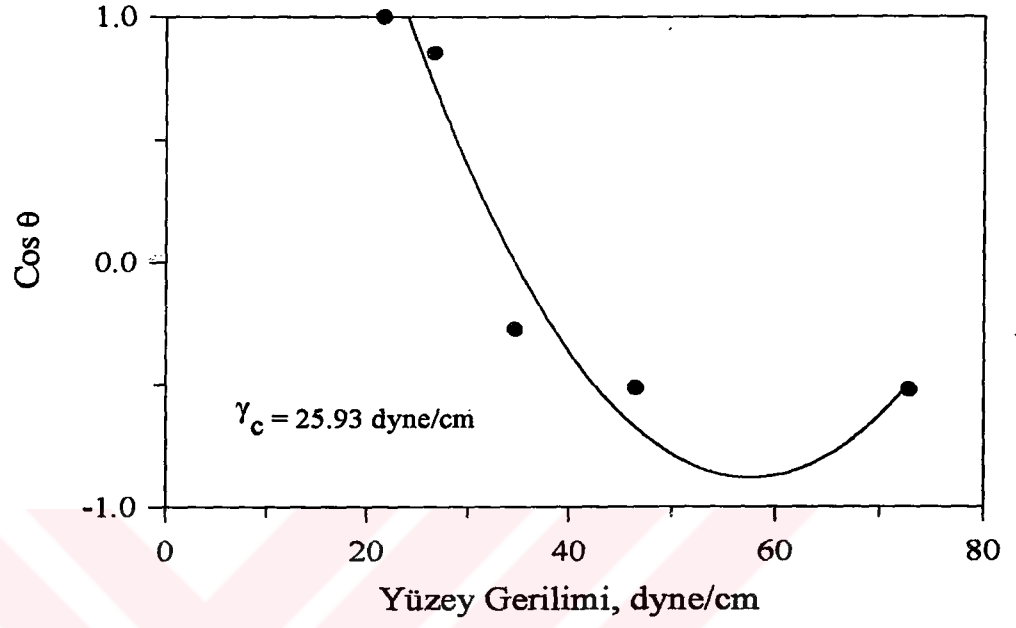
4.2.2.2.1. Na-Oleat

Baritin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat'ın miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini incelemek amacıyla pH 10'da 1, 2, 3 ve 5 kg/ton Na-Oleat miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 131, 132, 133 ve 134'de verilmiştir.

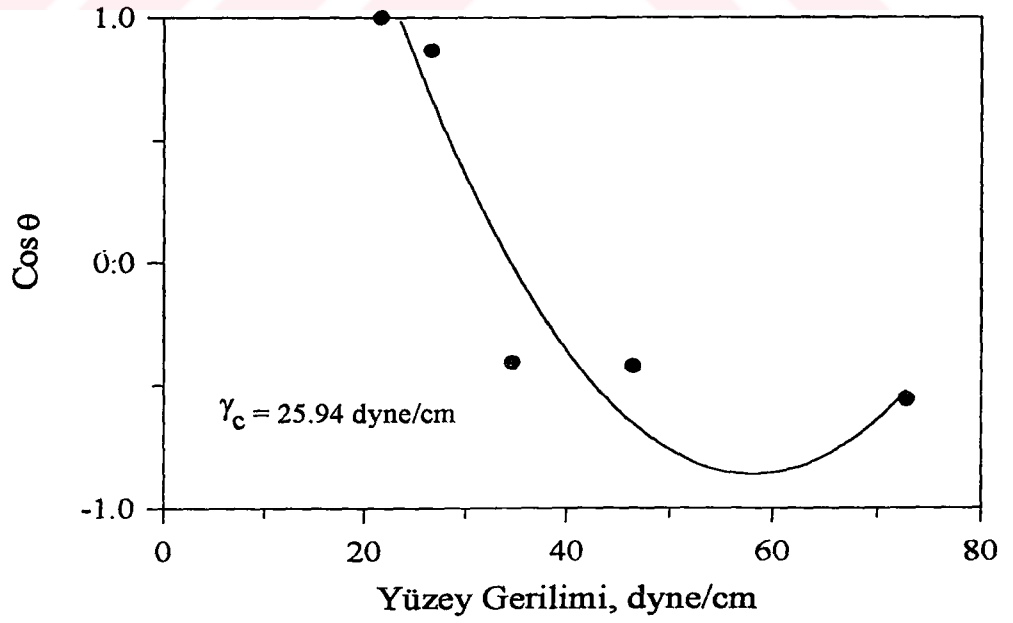
Na-Oleat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 135'de verilmiştir.



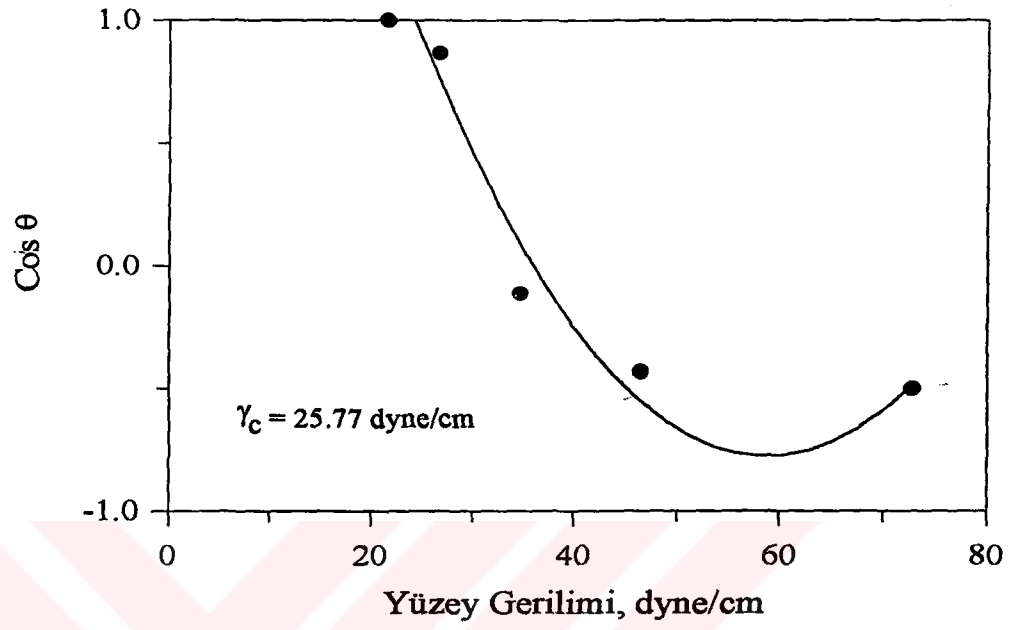
Şekil 131. 1 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



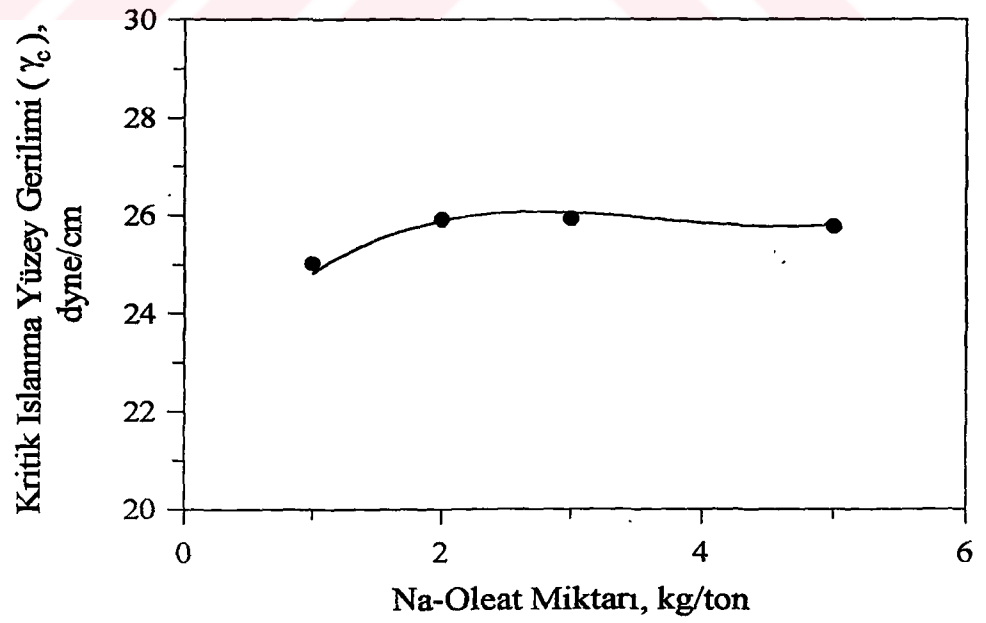
Şekil 132. 2 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 133. 3 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 134. 5 kg/ton Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



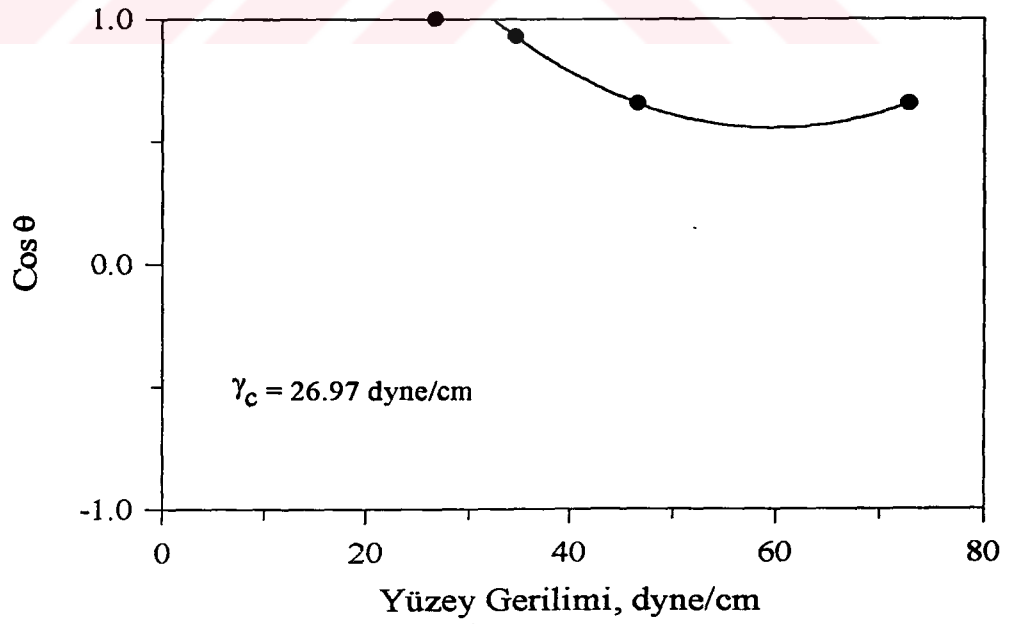
Şekil 135. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarı ile değişimi.

Şekil 135’den görüldüğü gibi, Na-Oleat miktarına bağlı olarak baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri dar bir aralıkta seyretmekte ve değerlerde önemli bir farklılık göstermemektedir. Değerler gazyağının yüzey gerilimine çok yakındır.

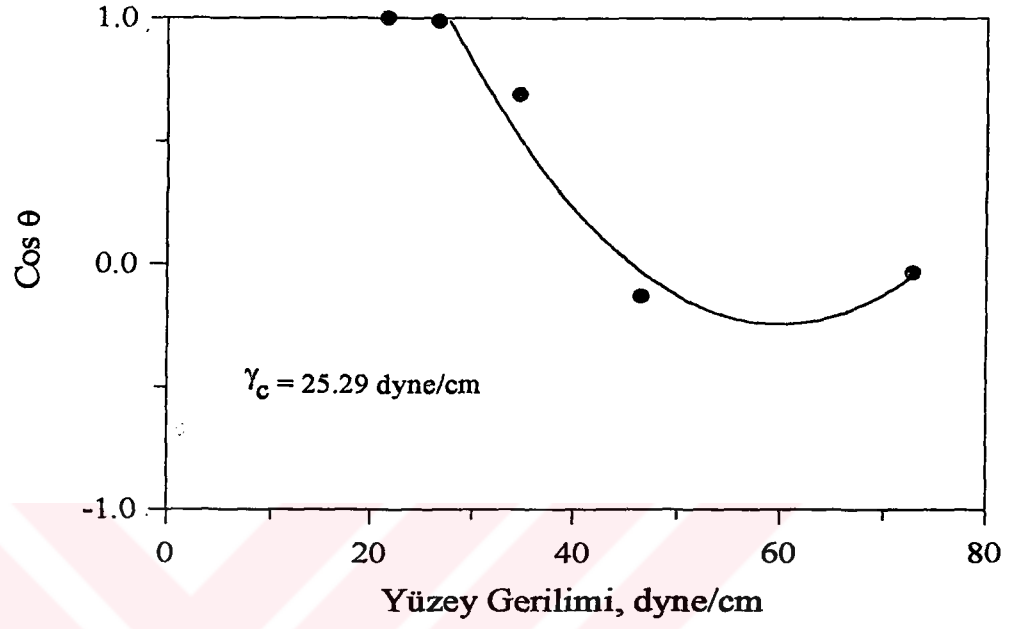
4.2.2.2.2. Na-DDS

Baritin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini incelemek amacıyla pH 10’da 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 2, 4, 6, 8 ve 10 kg/ton Na-DDS miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 136, 137, 138, 139 ve 140’da verilmiştir.

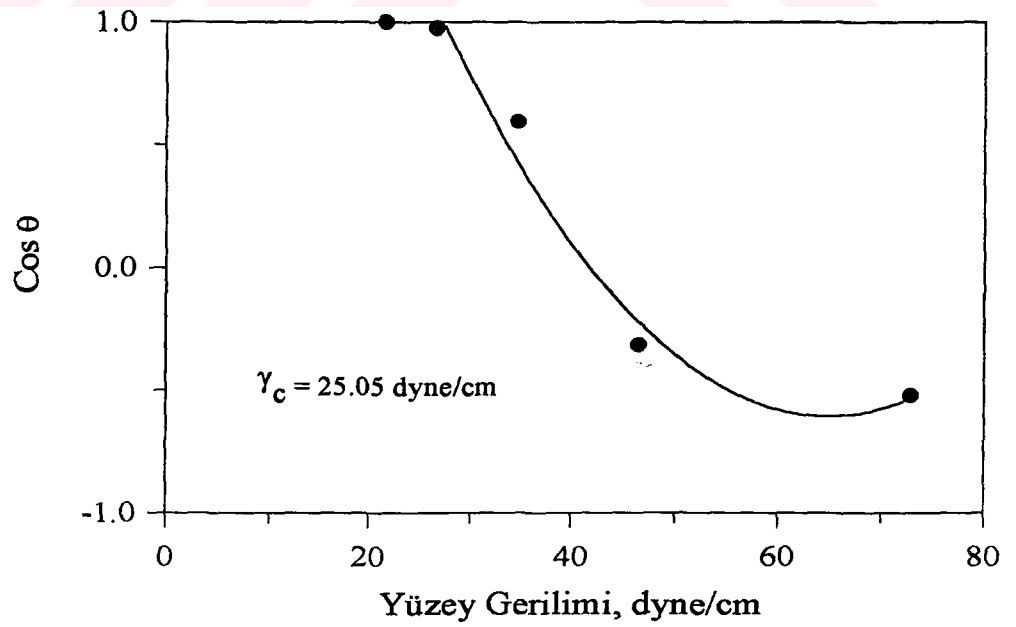
Na-DDS miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 141’de verilmiştir.



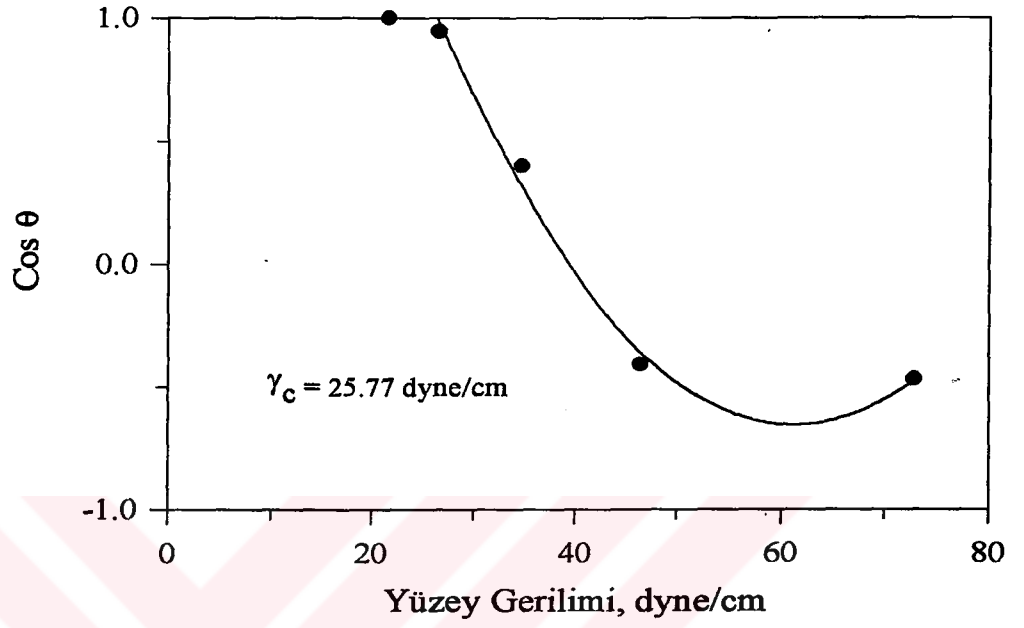
Şekil 136. 2 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



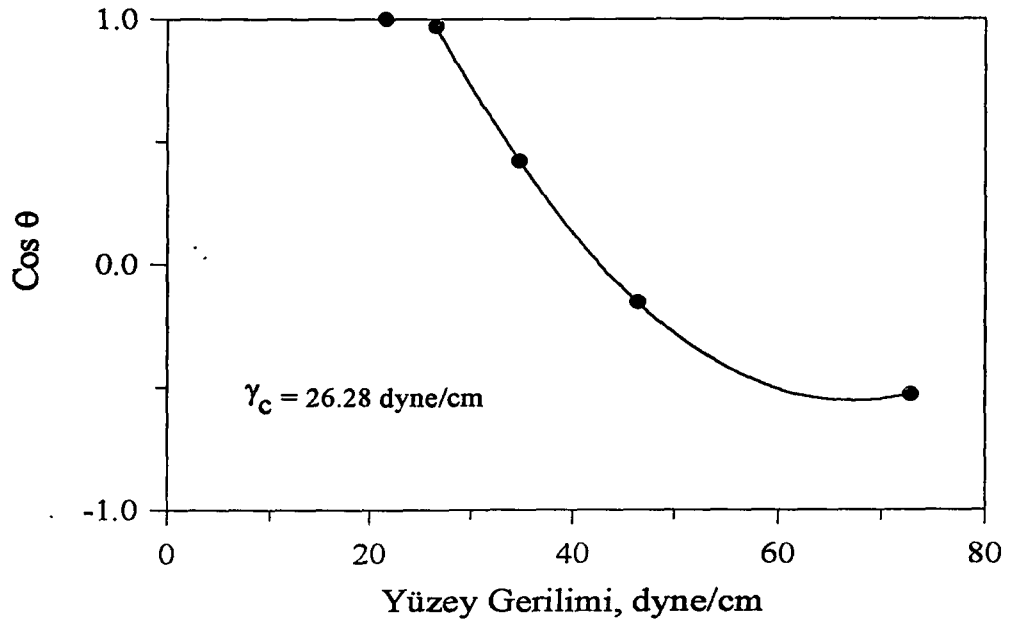
Şekil 137. 4 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



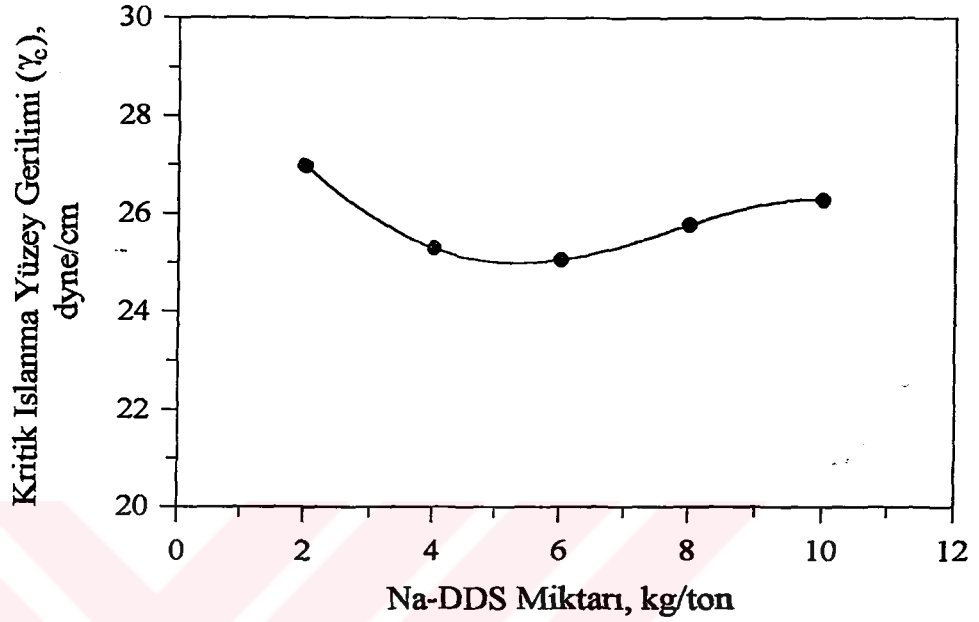
Şekil 138. 6 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 139. 8 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 140. 10 kg/ton Na-DDS miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 141. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarı ile değişimi.

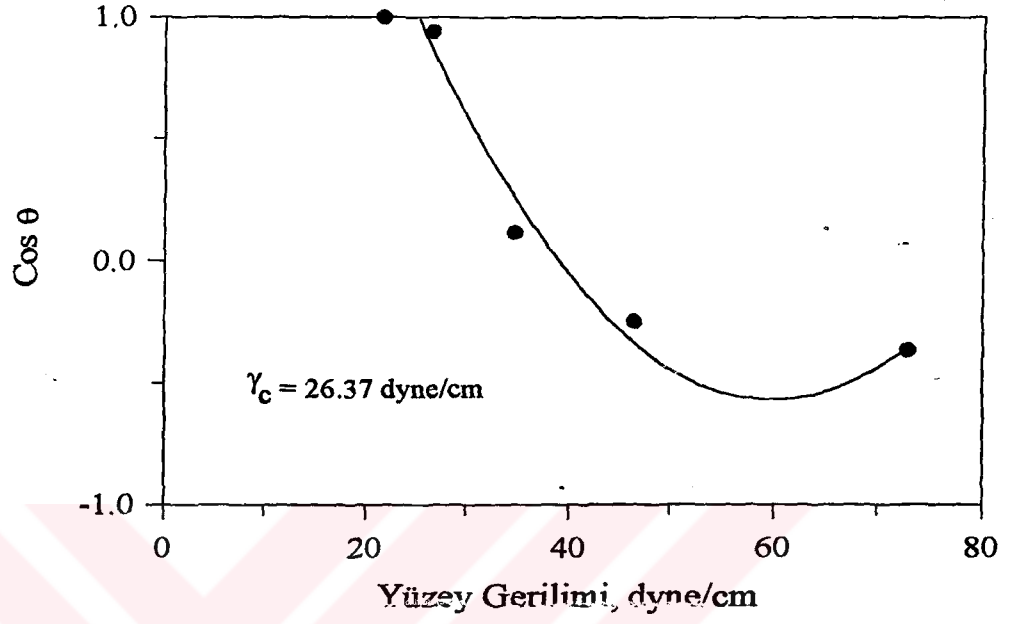
Şekil 141'den görüldüğü gibi, çok düşük ve yüksek Na-DDS miktarlarında, baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde kısmi artışlara rağmen genel olarak kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri dar bir aralıkta değişmiştir.

4.2.2.3. Bastırıcılar

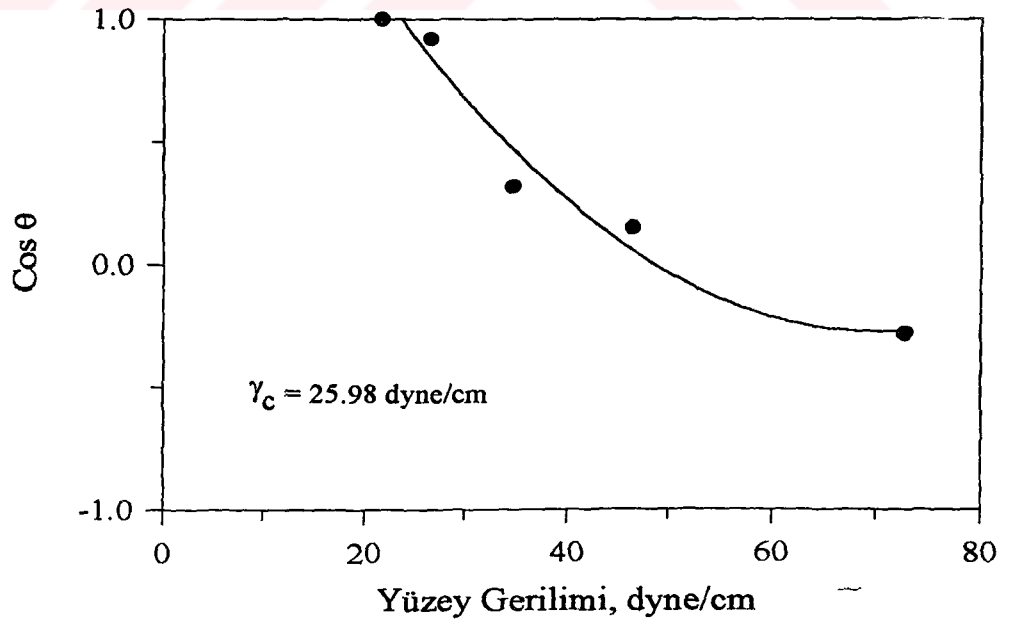
4.2.2.3.1. Sodyum Silikat

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikatın miktarı ile baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 10, 20, 30 ve 36 kg/ton sodyum silikat miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 142, 143, 144 ve 145'de verilmiştir.

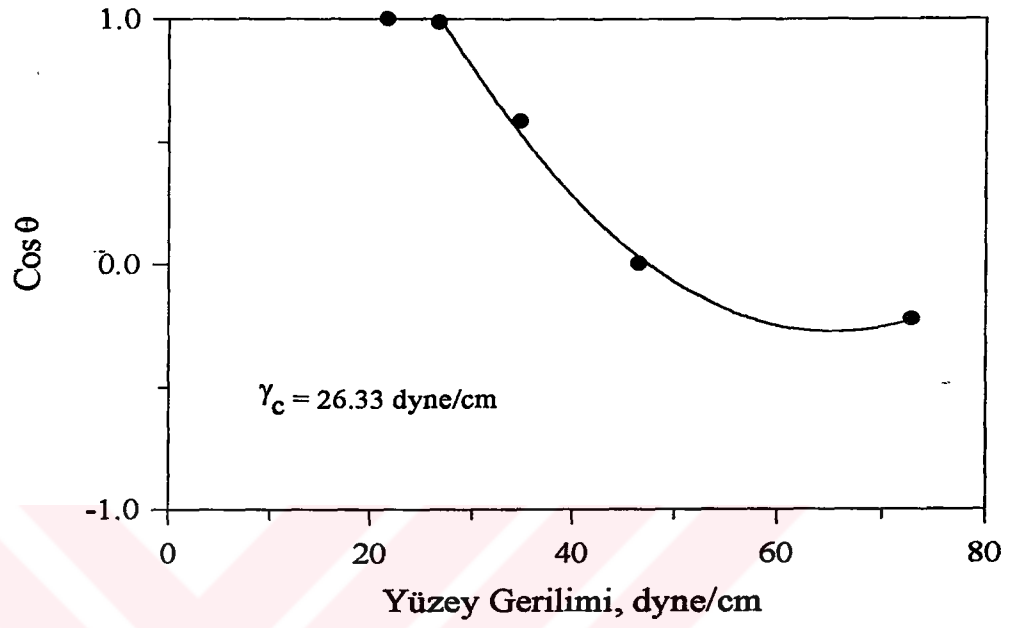
Sodyum silikat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 146'da verilmiştir.



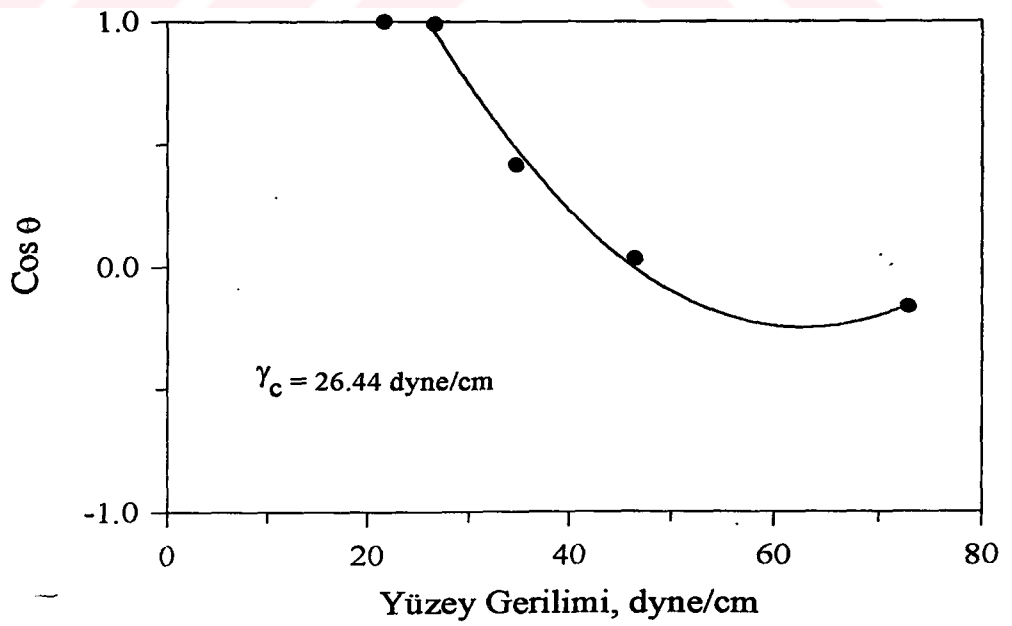
Şekil 142. 10 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



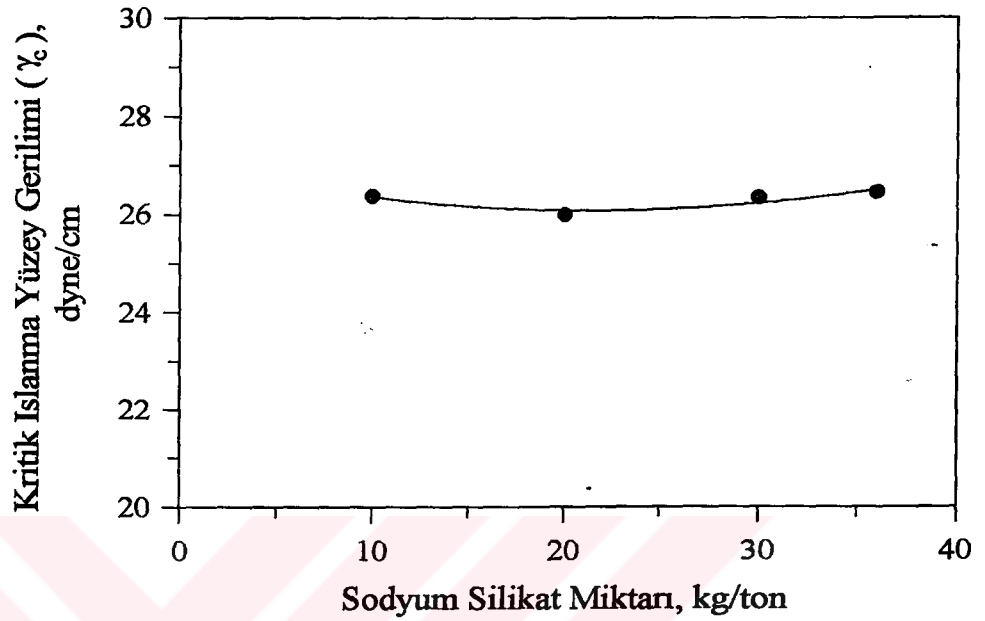
Şekil 143. 20 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 144. 30 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 145. 36 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



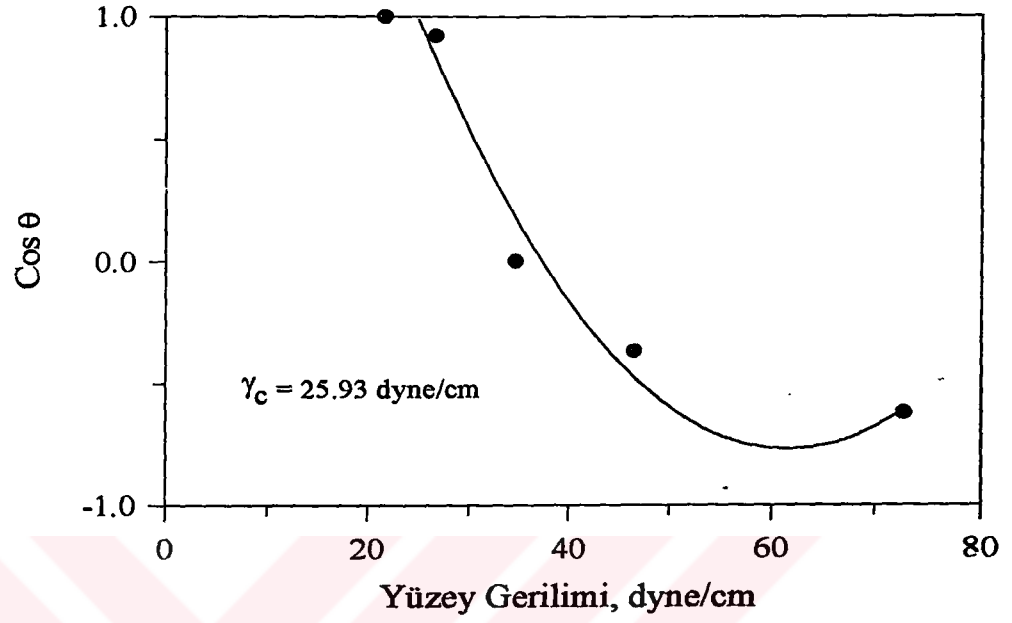
Şekil 146. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi.

Sodyum silikat miktarına bağlı olarak baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde önemli bir değişme olmadığı Şekil 146'dan görülmektedir. Elde edilen tüm kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri gazyağının yüzey gerilimi değerlerine çok yakındır.

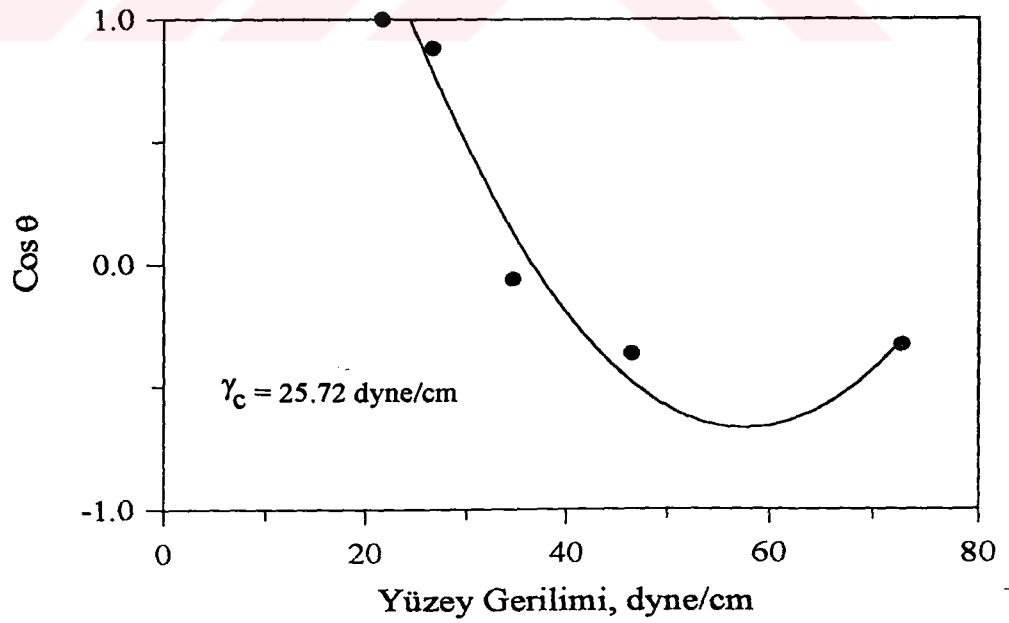
4.2.2.3.2. Sitrik Asit

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sitrik asit miktarı ile baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,1, 0,5, 1,0 ve 1,2 kg/ton sitrik asit miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 147, 148, 149 ve 150'de verilmiştir.

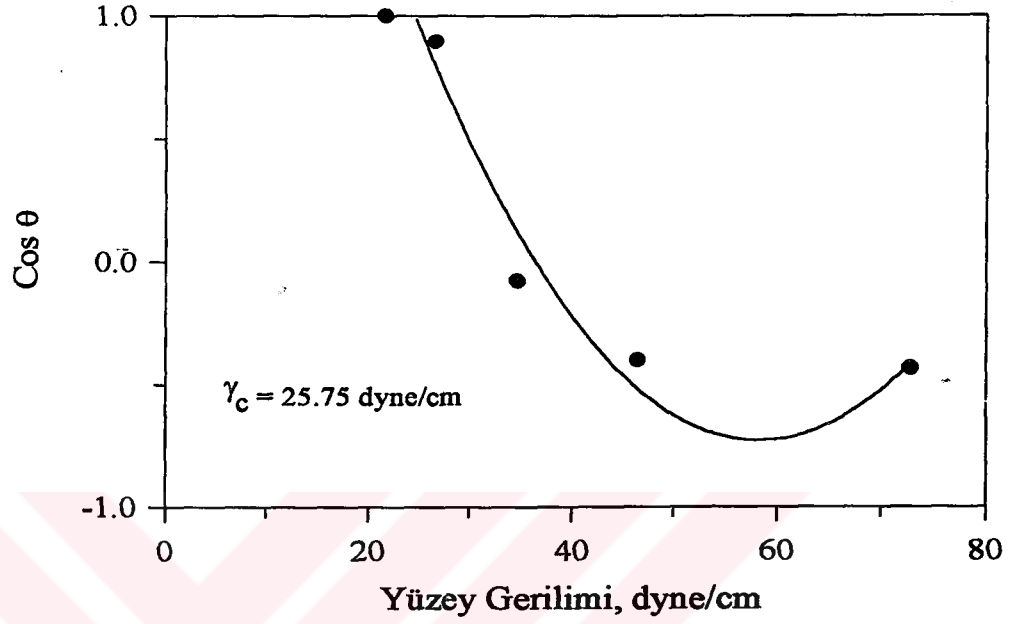
Sodyum silikat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 151'de verilmiştir.



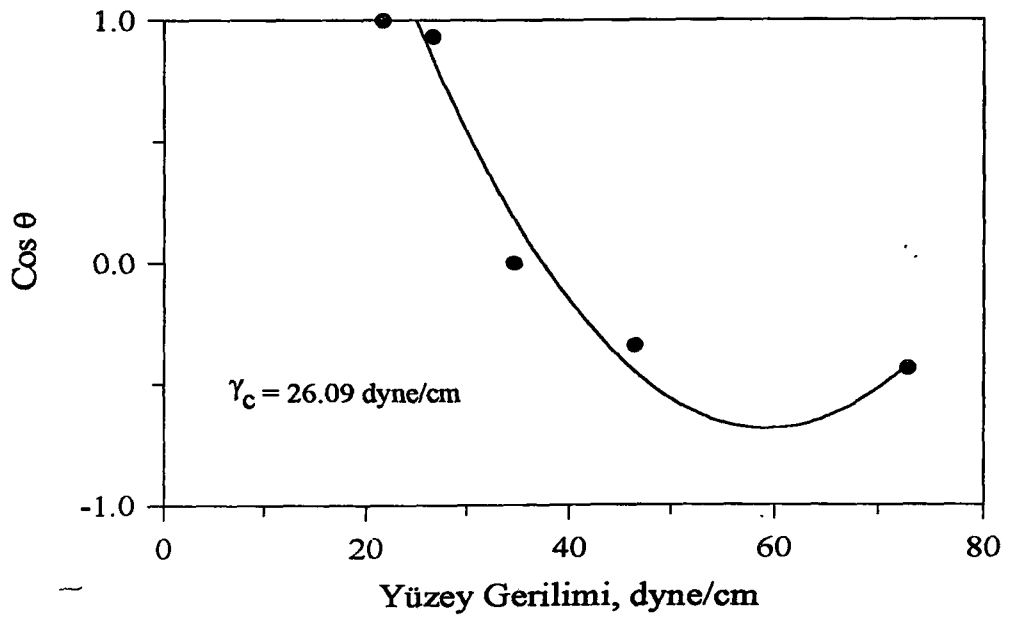
Şekil 147. 0,1 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



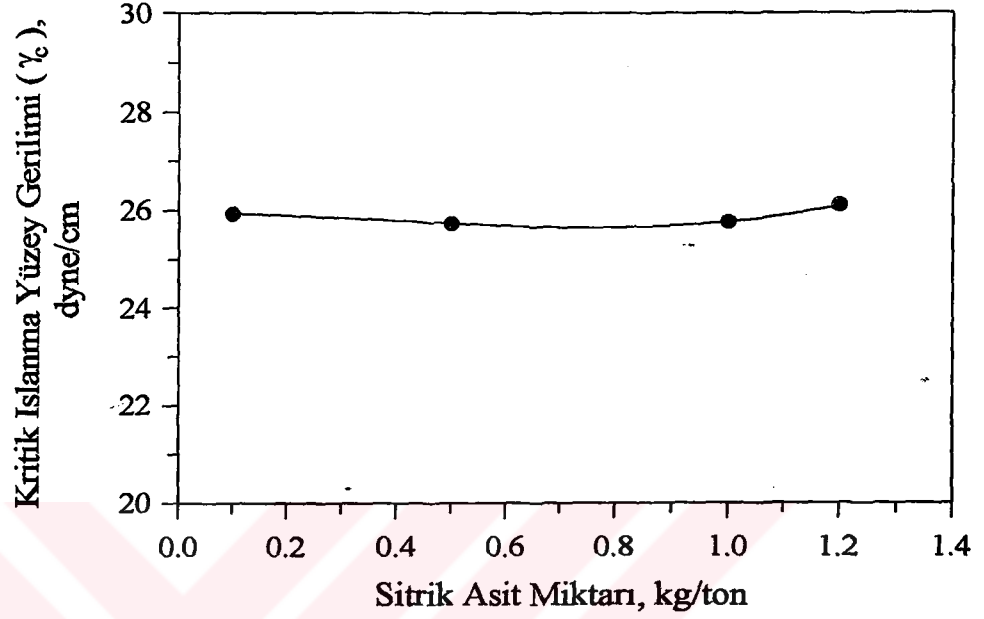
Şekil 148. 0,5 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 149. 1,0 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 150. 1,2 kg/ton sitrik asit miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



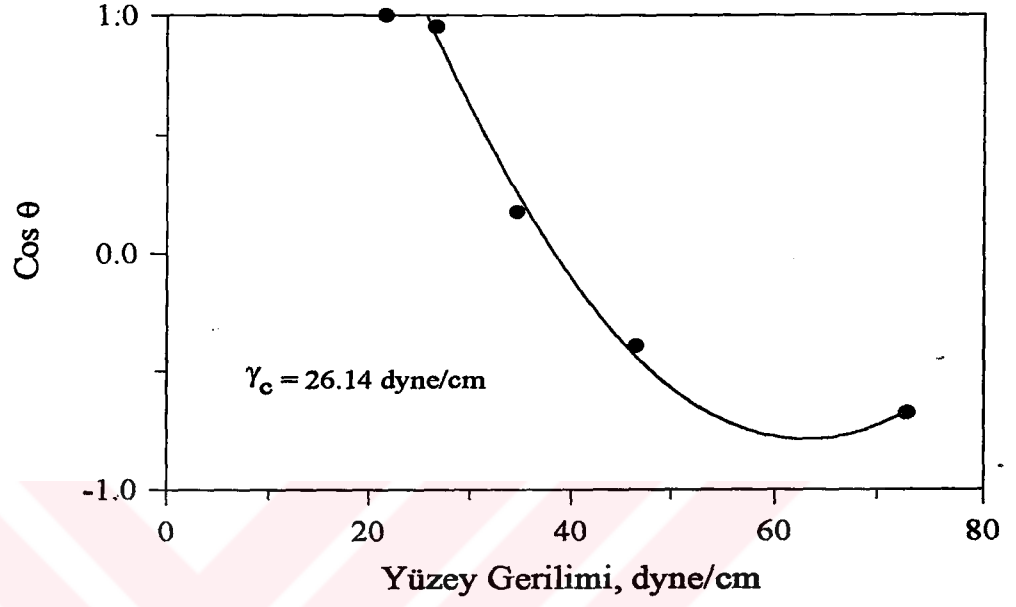
Şekil 151. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi.

Şekil 151'den görüldüğü gibi, sitrik asit miktarı arttıkça baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde önemli bir değişiklik olamamaktadır.

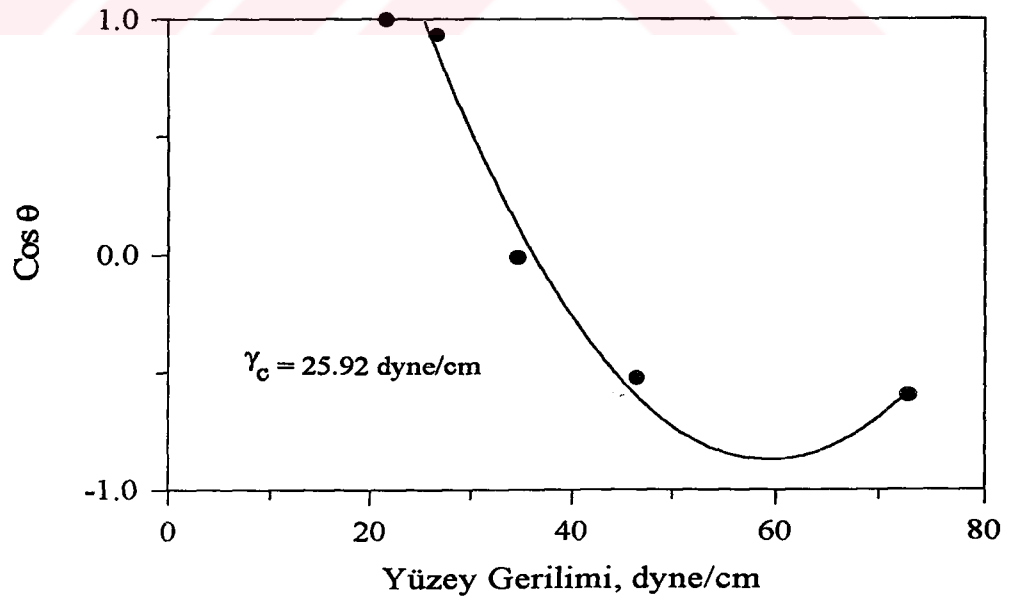
4.2.2.3.3. Dekstrin

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan dekstrin miktarı ile baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 1, 5, 10, 20 ve 30 kg/ton dekstrin miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 152, 153, 154, 155 ve 156'da verilmiştir.

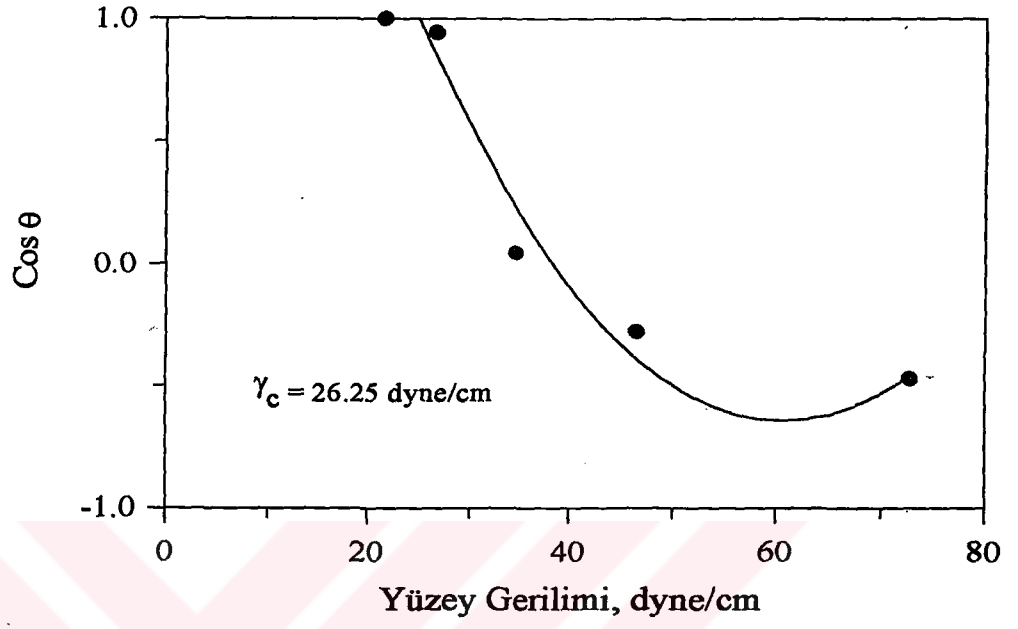
Dekstrin miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 157'de verilmiştir.



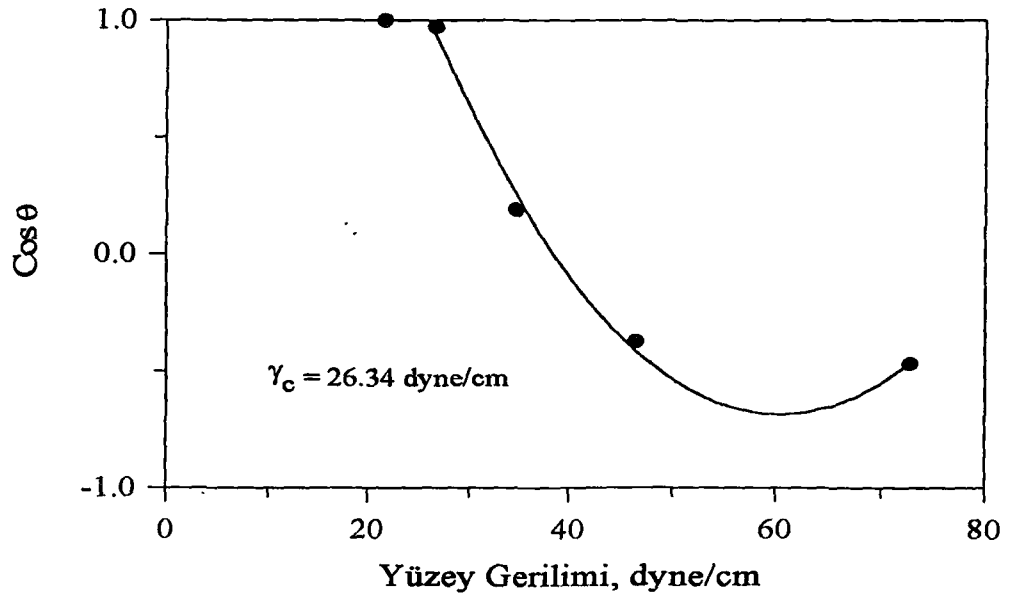
Şekil 152. 1 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



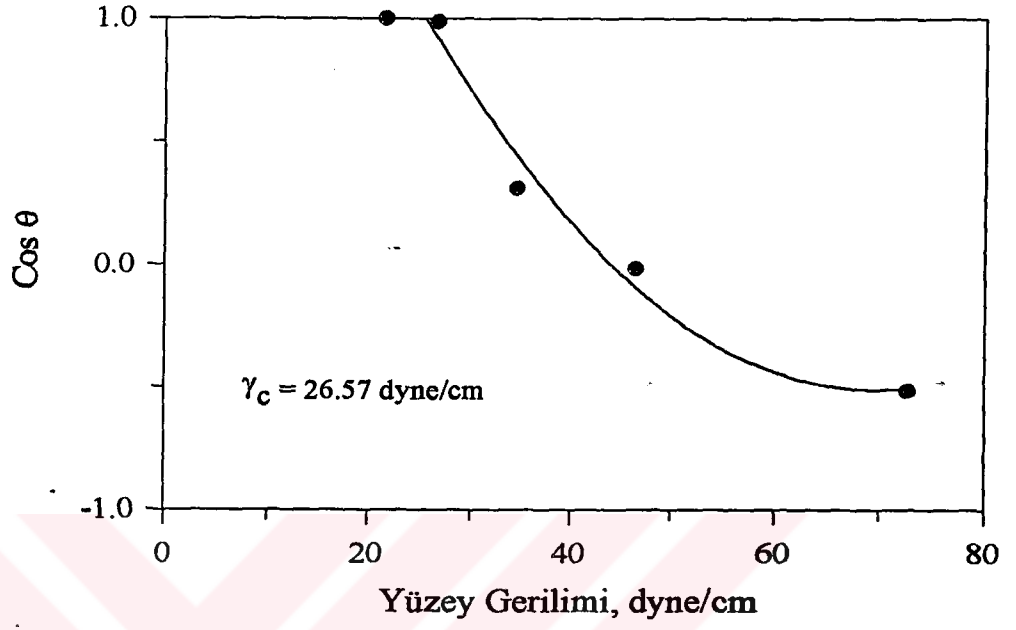
Şekil 153. 5 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



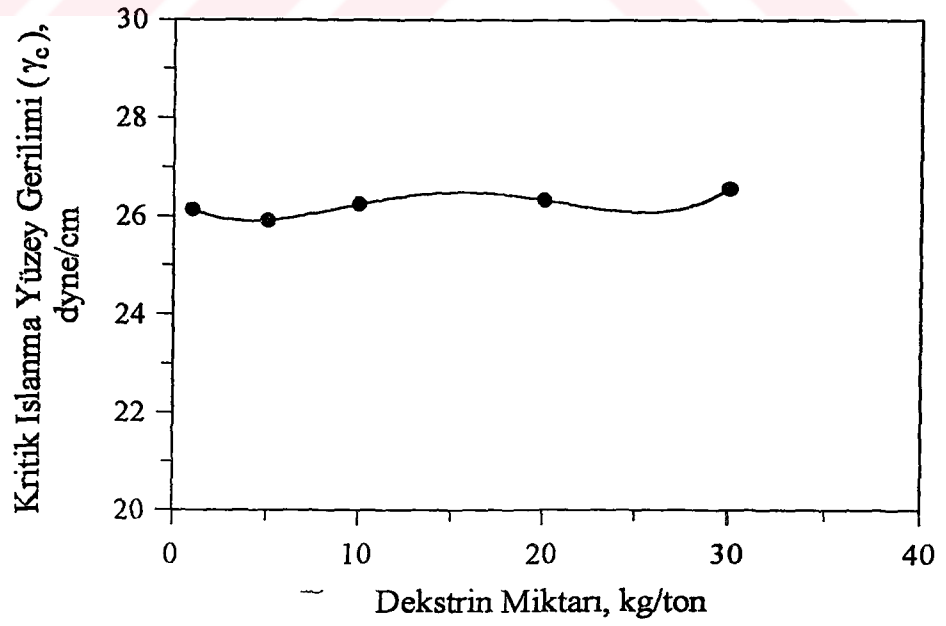
Şekil 154. 10 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 155. 20 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 156. 30 kg/ton dekstrin miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



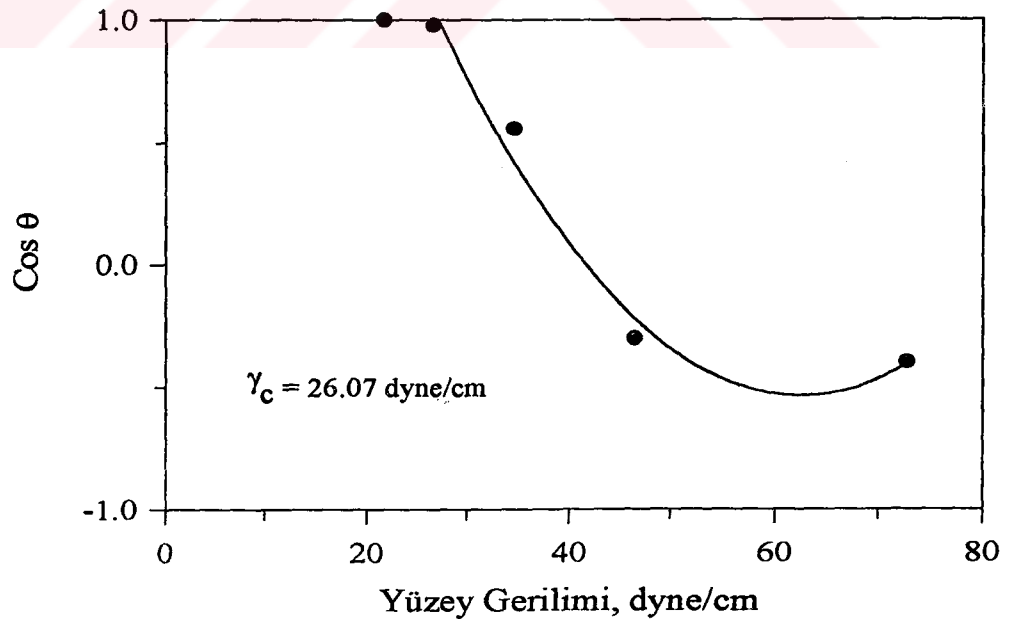
Şekil 157. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin dekstrin miktarı ile değişimi.

Şekil 157'den, baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin, sisteme ilave edilen dekstrin miktarıyla fazla bir değişiklik göstermediği görülmektedir. Ancak, elde edilen kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri sitrik aside göre biraz daha yüksektir.

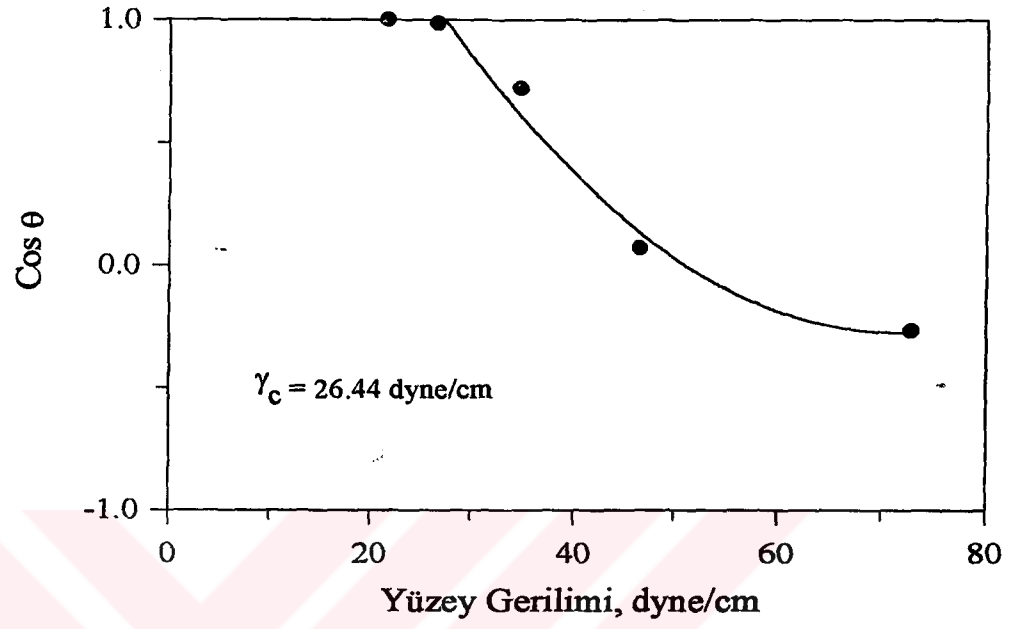
4.2.2.3.4. EDTA

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan EDTA miktarı ile baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 1, 5, 6 ve 7 kg/ton EDTA miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 158, 159, 160 ve 161'de verilmiştir.

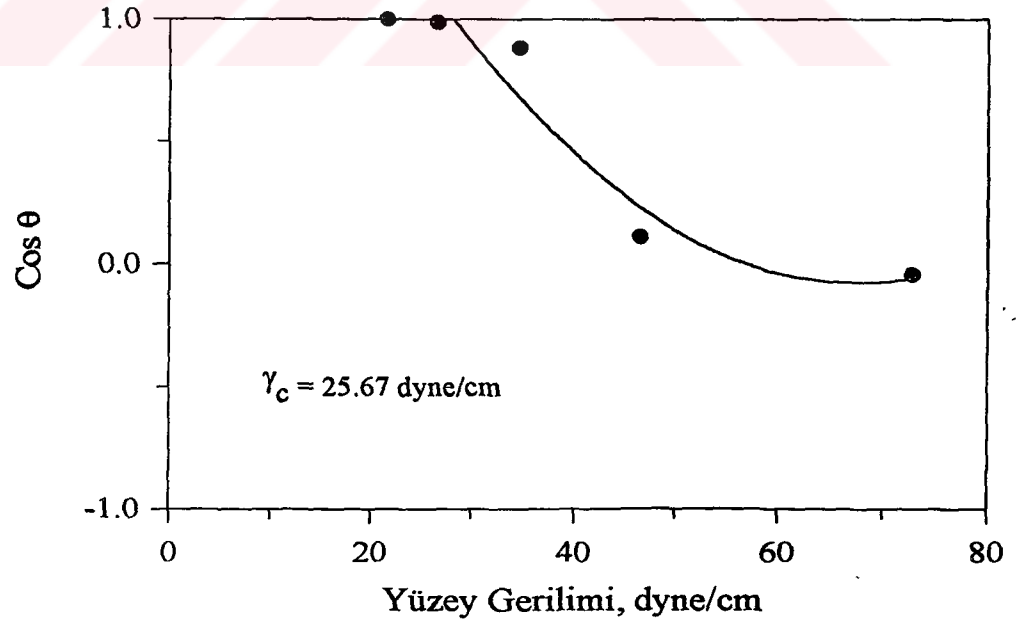
EDTA miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 162'de verilmiştir.



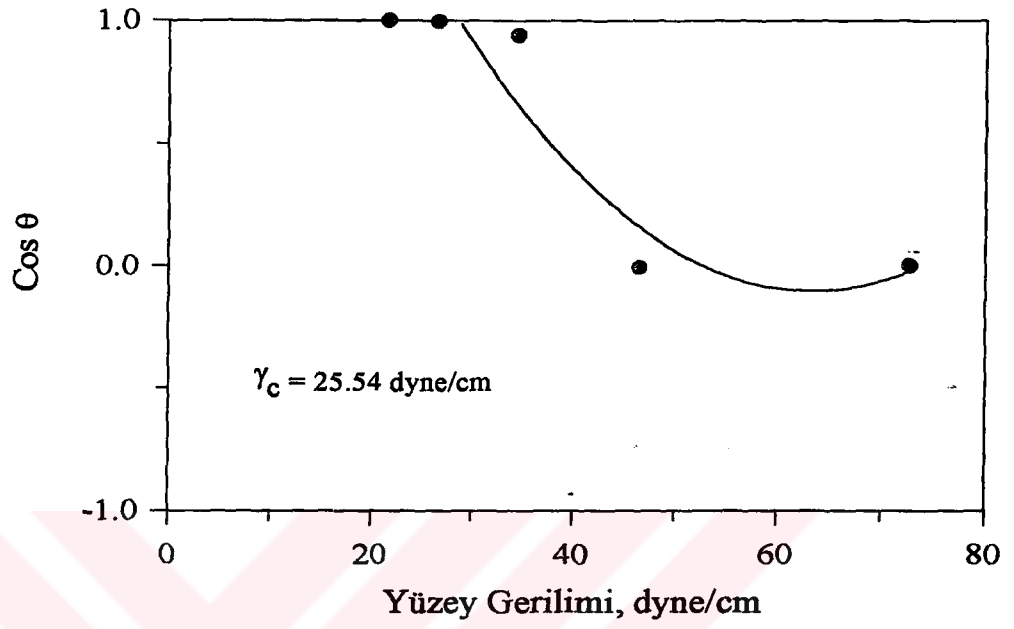
Şekil 158. 1 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



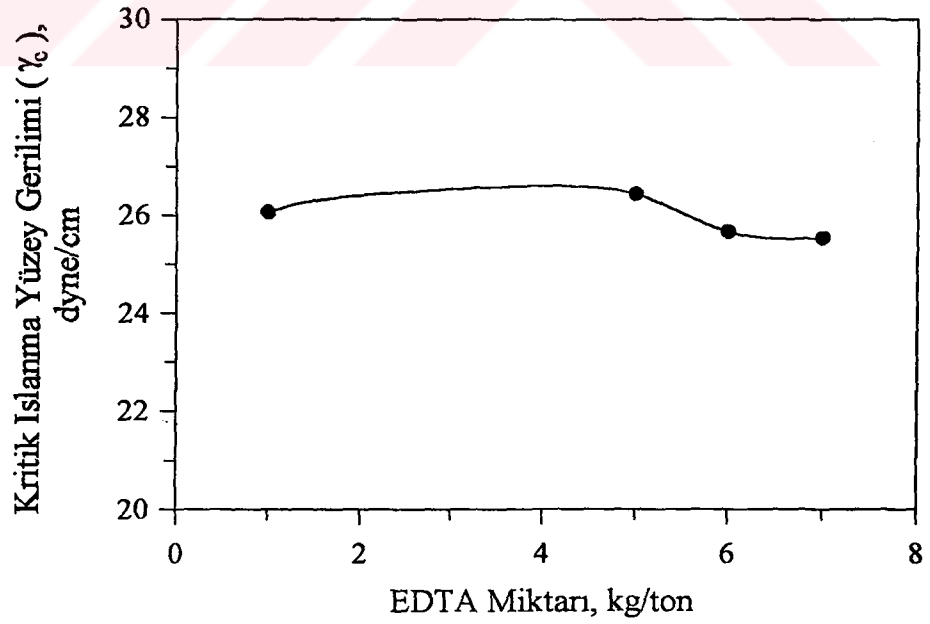
Şekil 159. 5 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 160. 6 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 161. 7 kg/ton EDTA miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



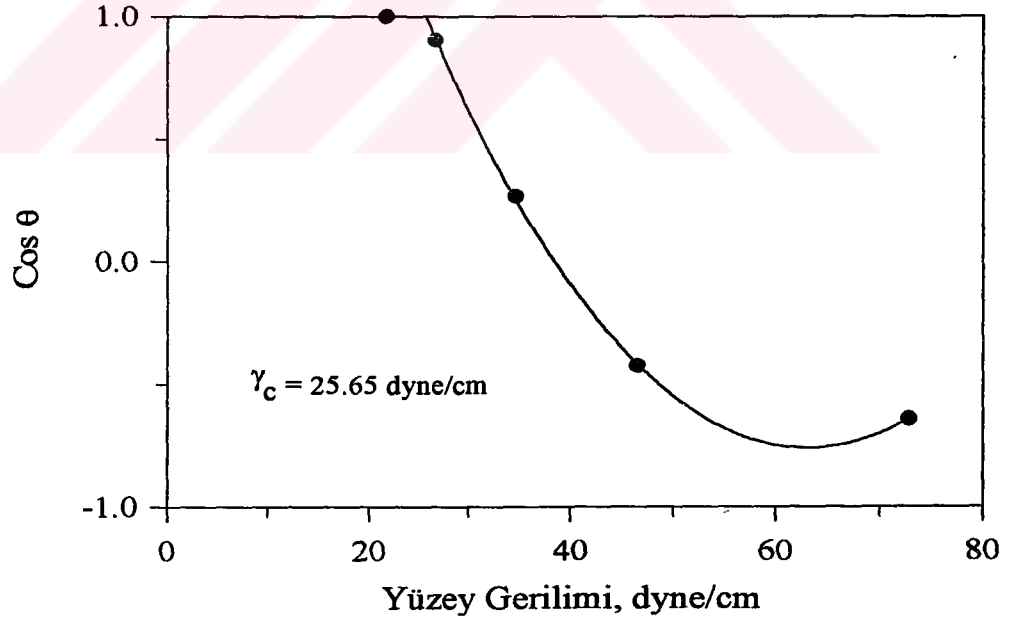
Şekil 162. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi.

Şekil 162'den de görüldüğü gibi, EDTA miktarındaki artış baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde önemli bir değişikliğe sahip olmamaktadır.

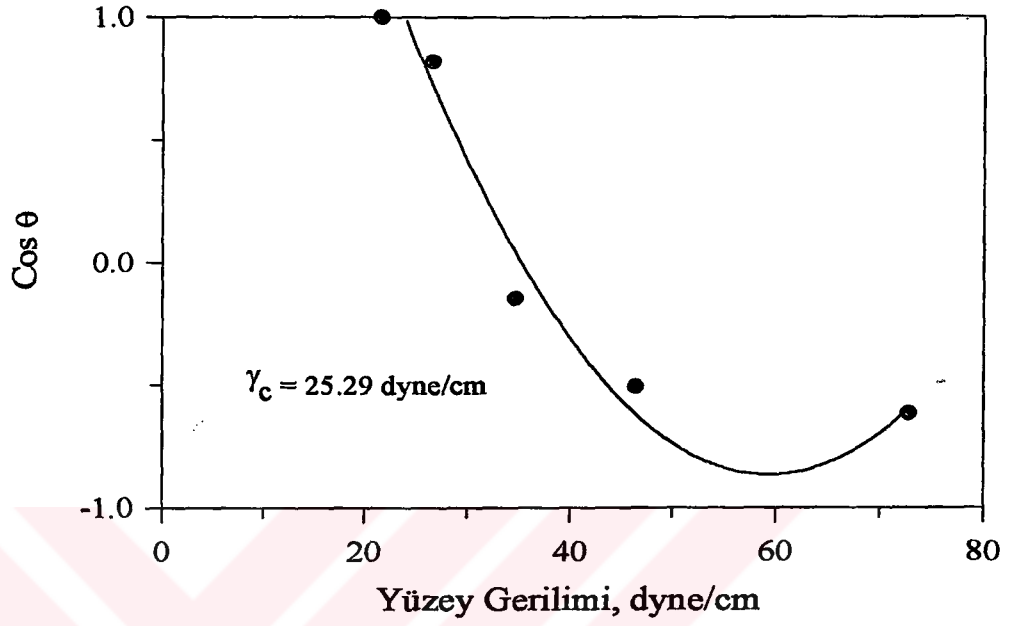
4.2.2.3.5. Quebracho

Baritin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan quebrachonun miktarı ile baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,05, 0,1, 0,15 ve 0,16 kg/ton quebracho miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 163, 164, 165 ve 166'da verilmiştir.

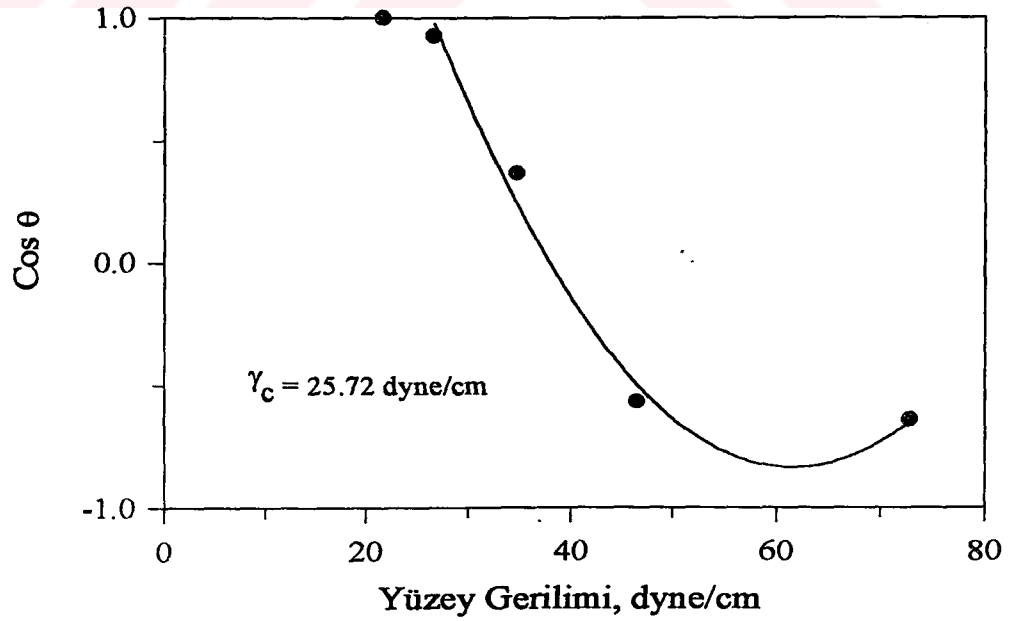
Quebracho miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 167'de verilmiştir.



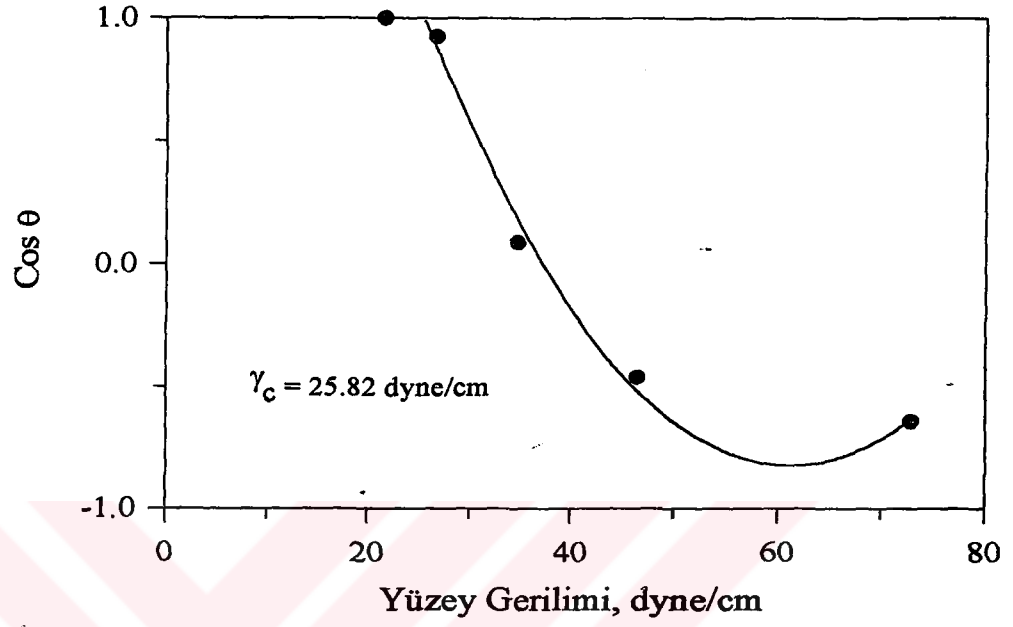
Şekil 163. 0,05 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



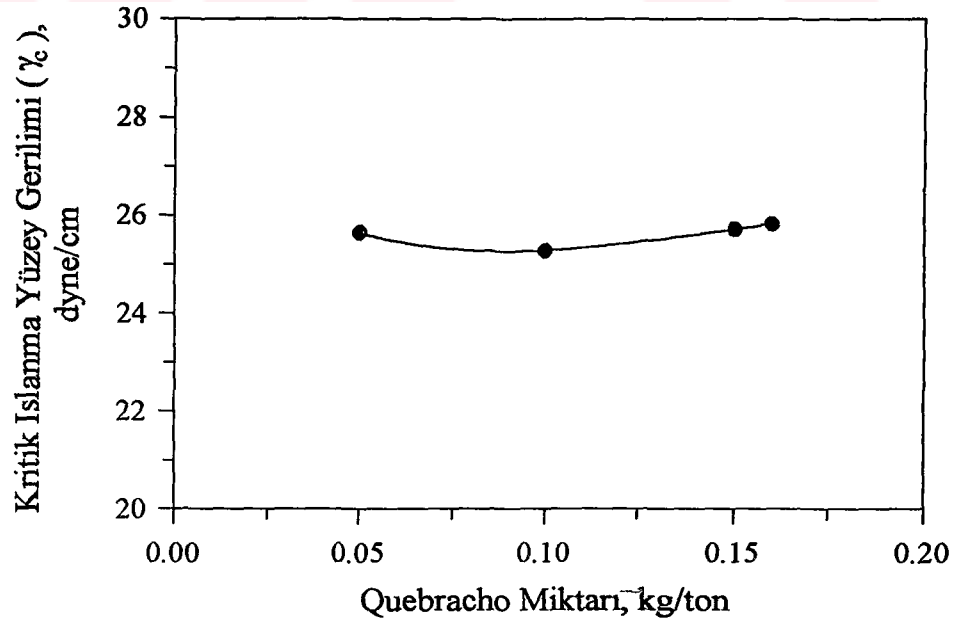
Şekil 164. 0,1 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 165. 0,15 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 166. 0,16 kg/ton quebracho miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 167. Baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi.

Şekil 167'den görüldüğü gibi, quebracho miktarı baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır.

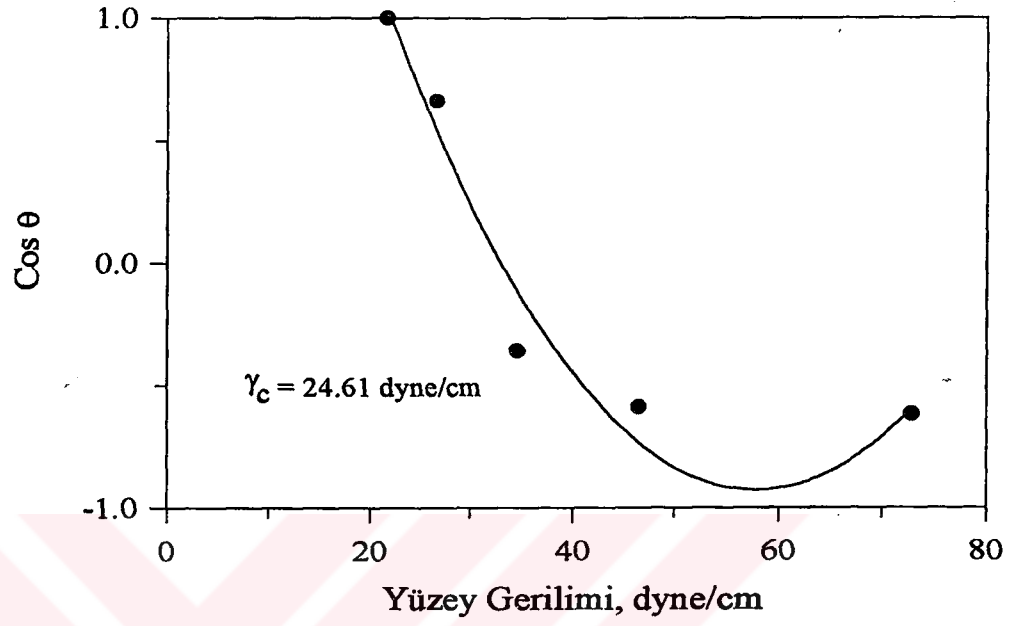
4.2.3. Kalsit

Temas açısı ölçümü deneylerine numune hazırlanırken, karıştırma hızı: 1600 dev/dak.; kondisyonlama süresi: 2 dak.; toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak ve bastırıcıların etkisinin incelendiği deneylerde bastırıcı karıştırma süresi: 5 dak olarak alınmıştır.

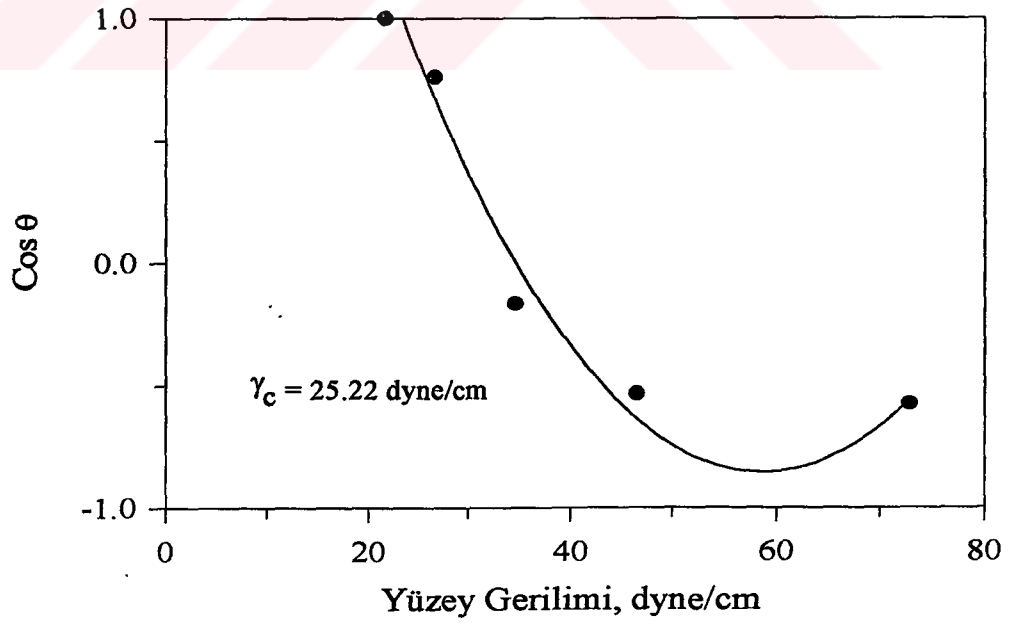
4.2.3.1. pH

Kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde, pH'ın değişimi ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak pH 9, 10, 11 ve 12'de temas açısı ölçüm deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 168, 169, 170, ve 171'de verilmiştir.

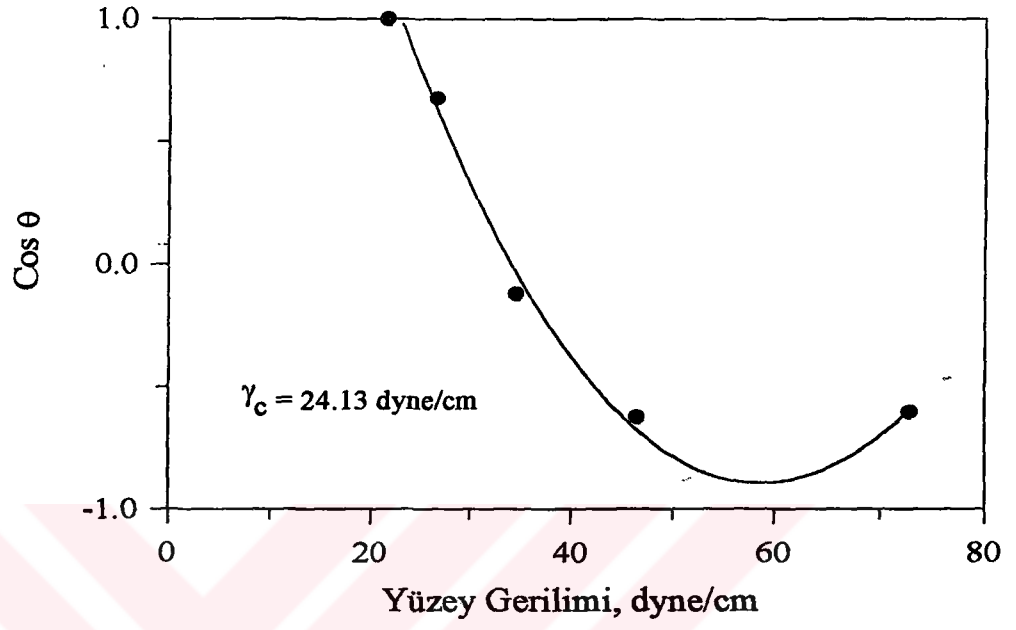
Temas açısı ölçüm deneylerinden elde edilen kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin pH ile değişimi Şekil 172'de verilmiştir.



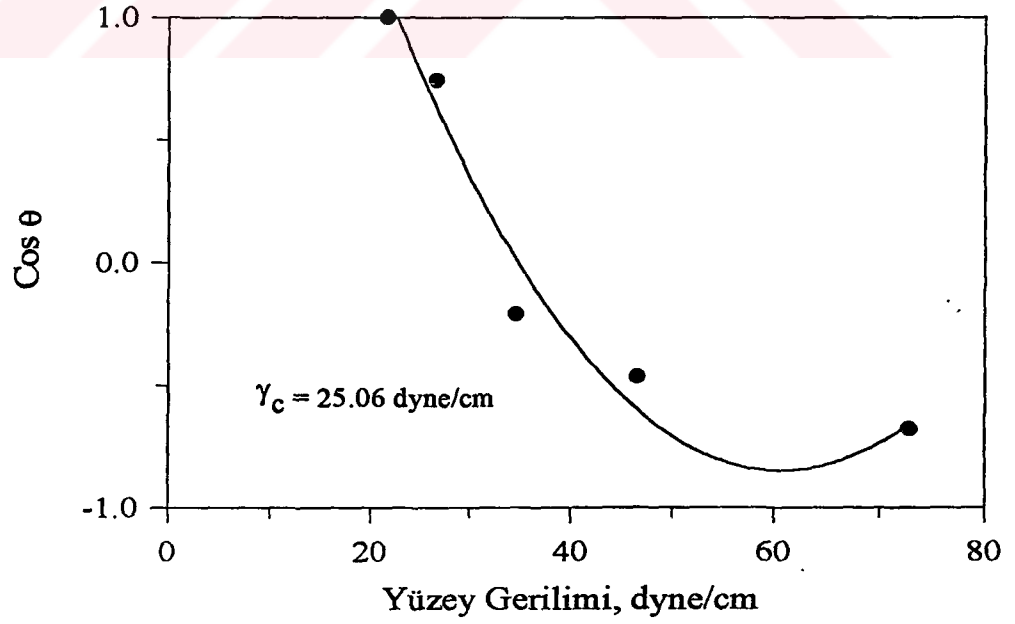
Şekil 168. Kalsitin pH 9'da kritik ıslanma yüzey gerilimi.



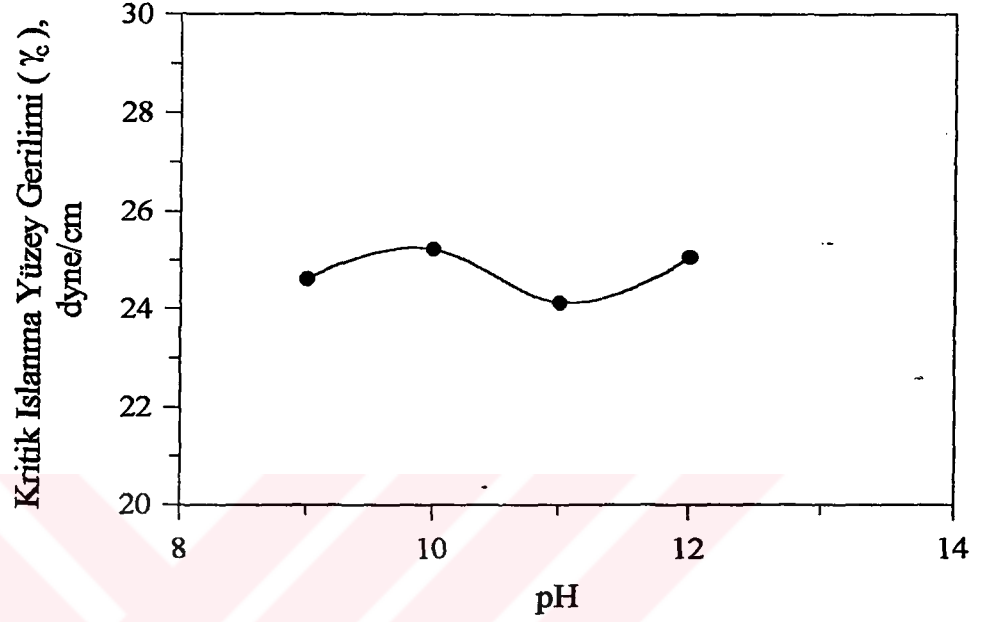
Şekil 169. Kalsitin pH 10'da kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 170. Kalsitin pH 11'de kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 171. Kalsitin pH 12'de kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 172. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi.

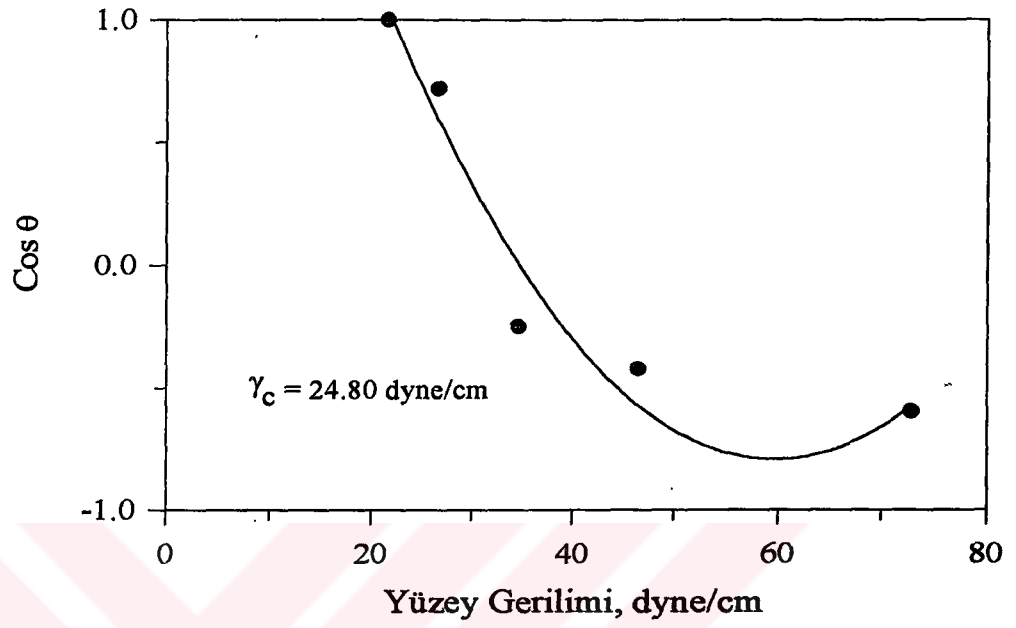
Şekil 172'den görüldüğü gibi, pH'a bağlı olarak kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri, dar bir aralıkta çok küçük değişimler göstermiştir.

4.2.3.2. Toplayıcılar

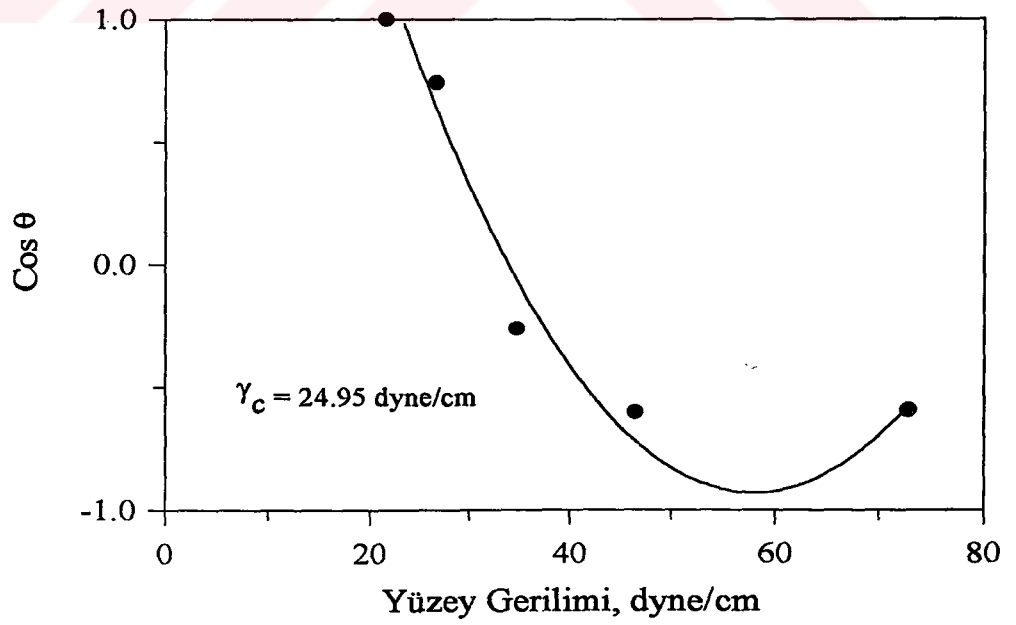
4.2.3.2.1. Na-Oleat

Kalsitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat'ın miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini incelemek amacıyla pH 10'da 6, 8, 10 ve 12 kg/ton Na-Oleat miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 173, 174, 175 ve 176'da verilmiştir.

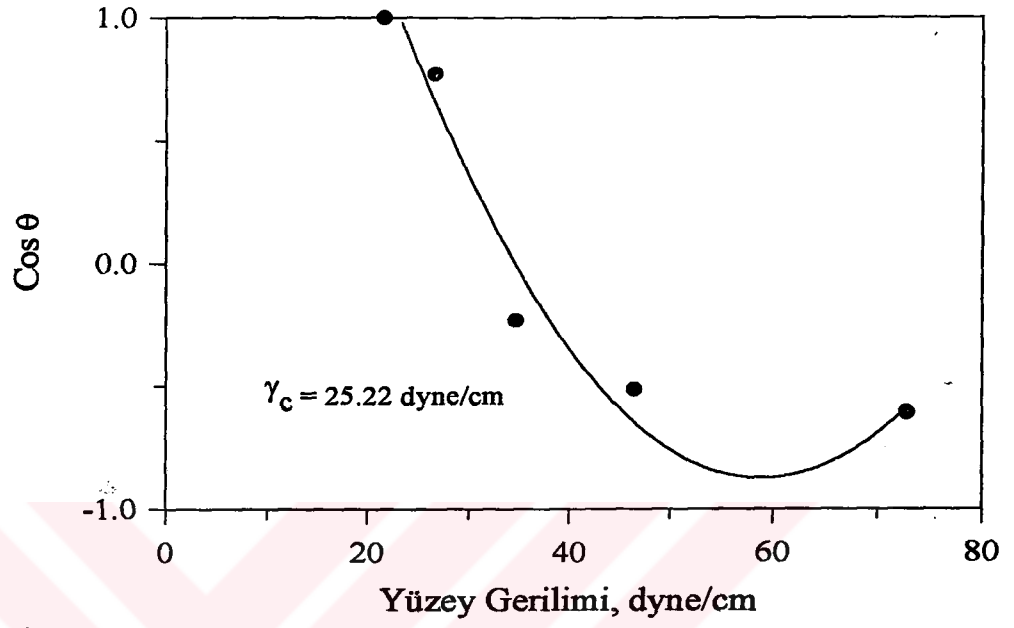
Na-Oleat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 177'de verilmiştir.



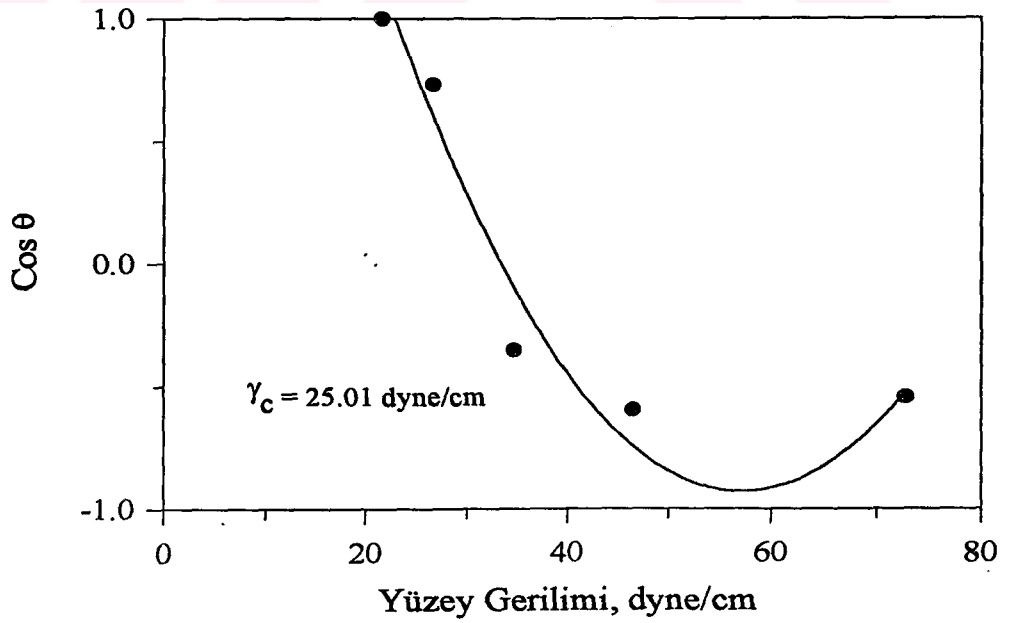
Şekil 173. 6 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



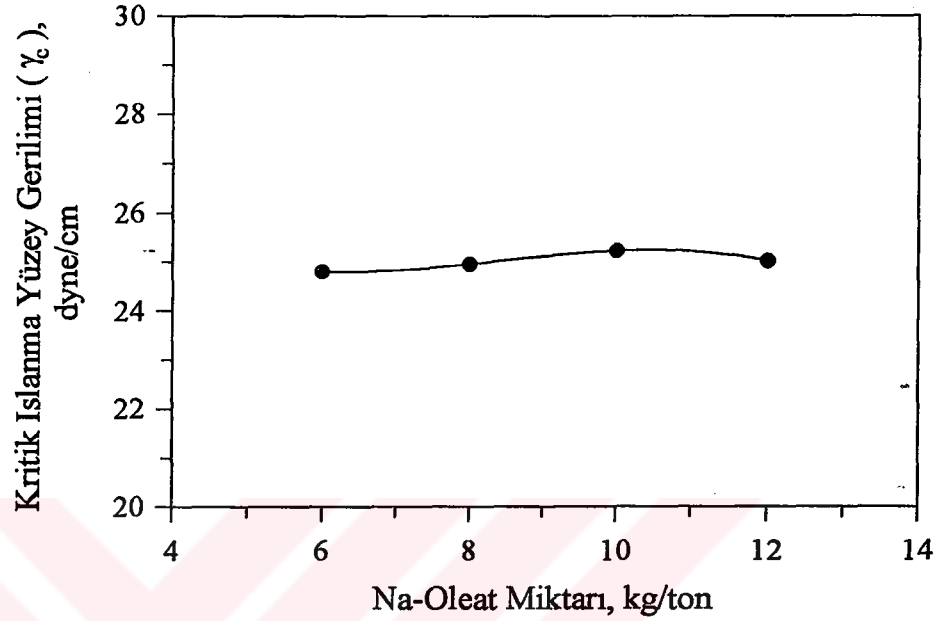
Şekil 174. 8 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 175. 10 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 176. 12 kg/ton Na-Oleat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



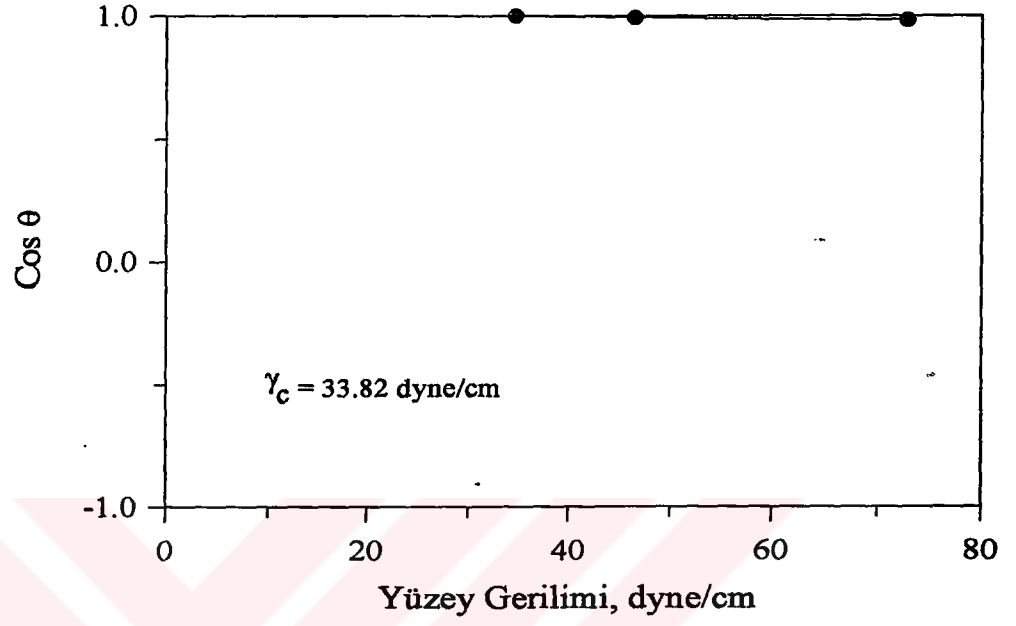
Şekil 177. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarı ile değişimi.

Şekil 177'den görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-Oleat miktarı arttıkça, kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir.

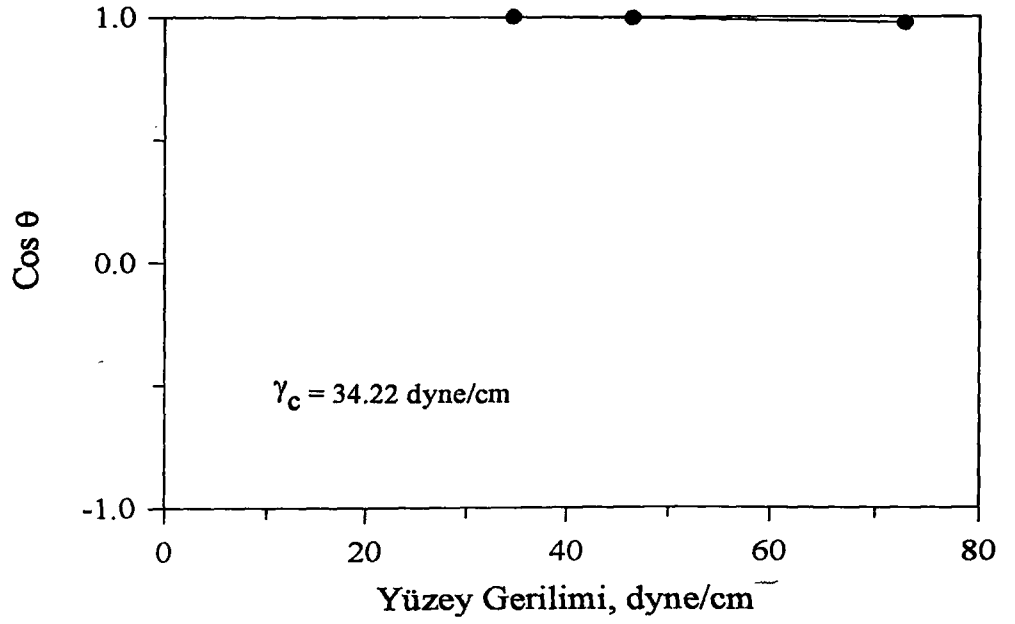
4.2.3.2.2. Na-DDS

Kalsitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS'in miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini incelemek amacıyla pH 10'da 10, 20, 30 ve 40 kg/ton Na-DDS miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 178, 179, 180 ve 181'de verilmiştir.

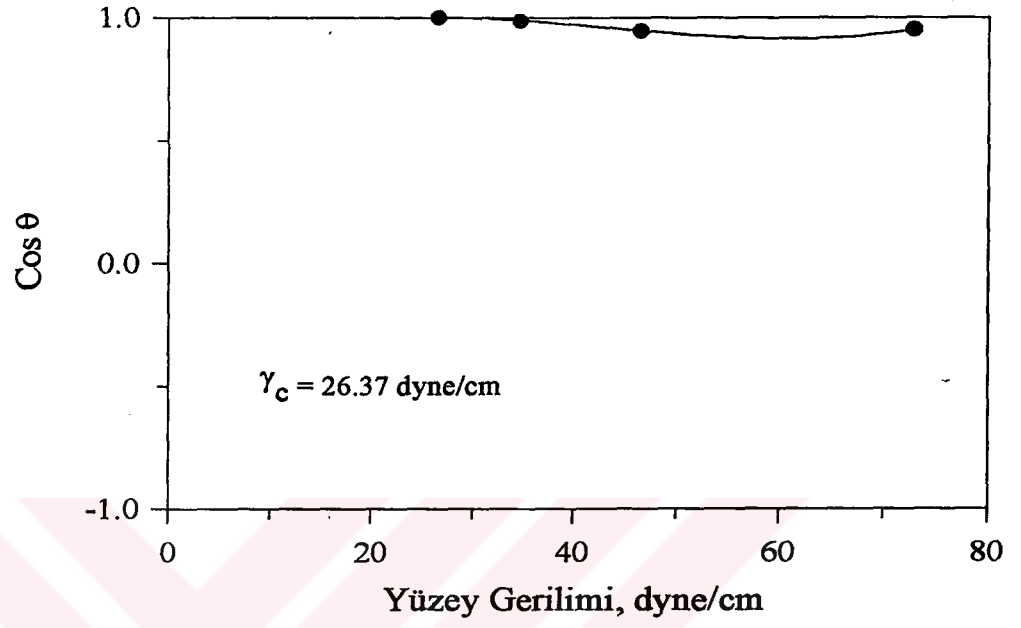
Na-DDS miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 182'de verilmiştir.



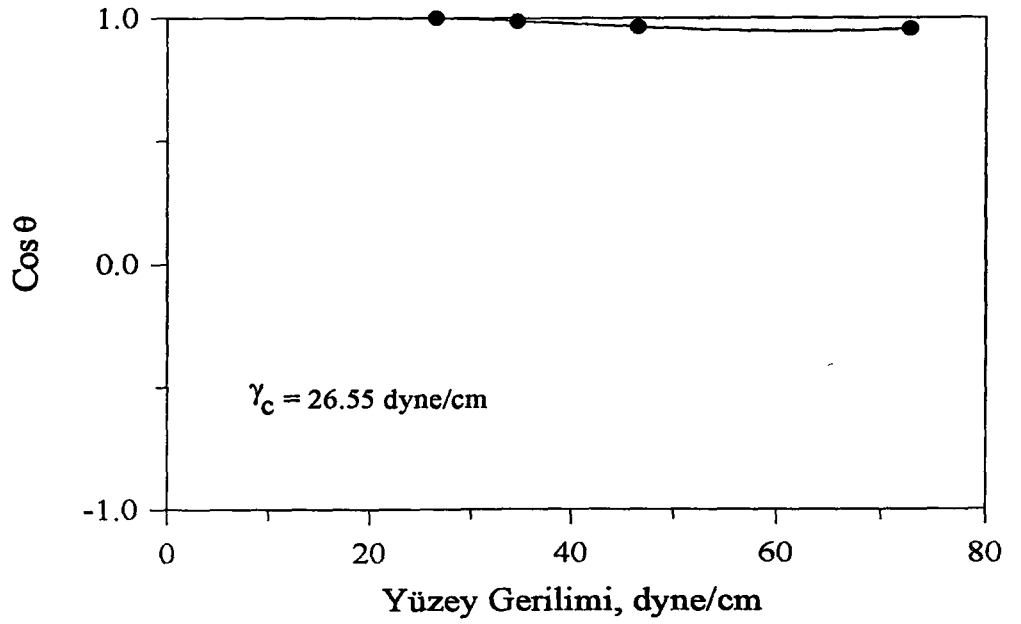
Şekil 178. 10 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



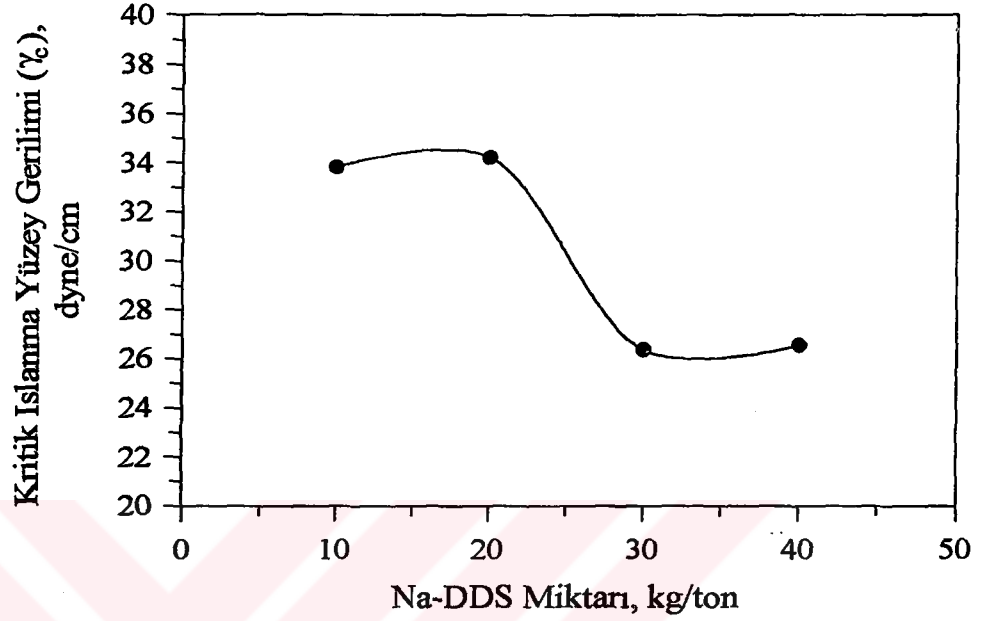
Şekil 179. 20 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 180. 30 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 181. 40 kg/ton Na-DDS miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 182. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarı ile değişimi.

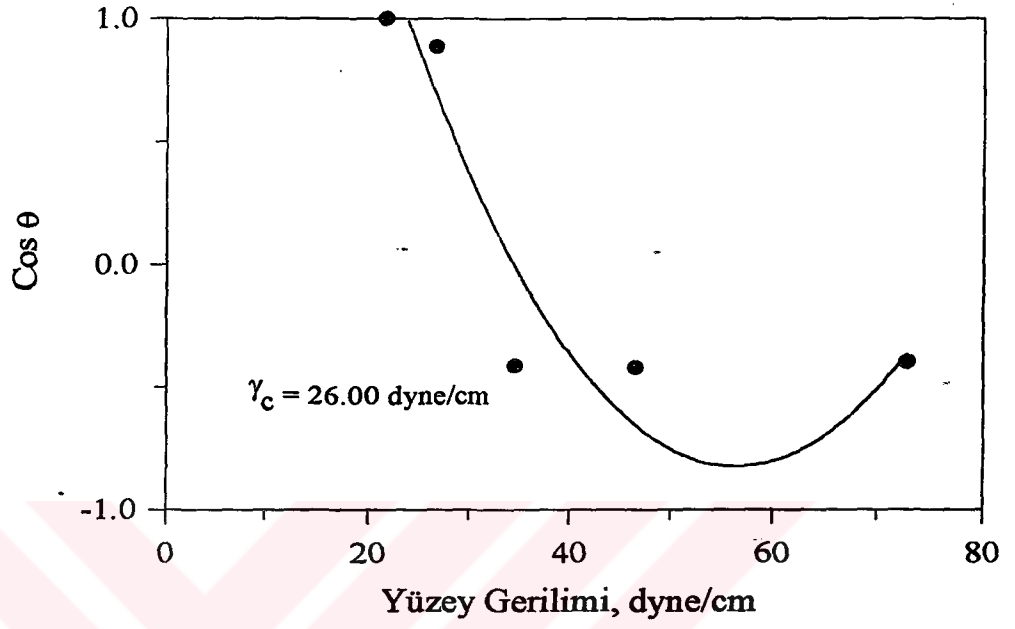
Şekil 182'den görüldüğü gibi, 20 kg/ton Na-DDS miktarından sonra kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde büyük düşüşler gözlenmiştir.

4.2.3.3. Bastırıcılar

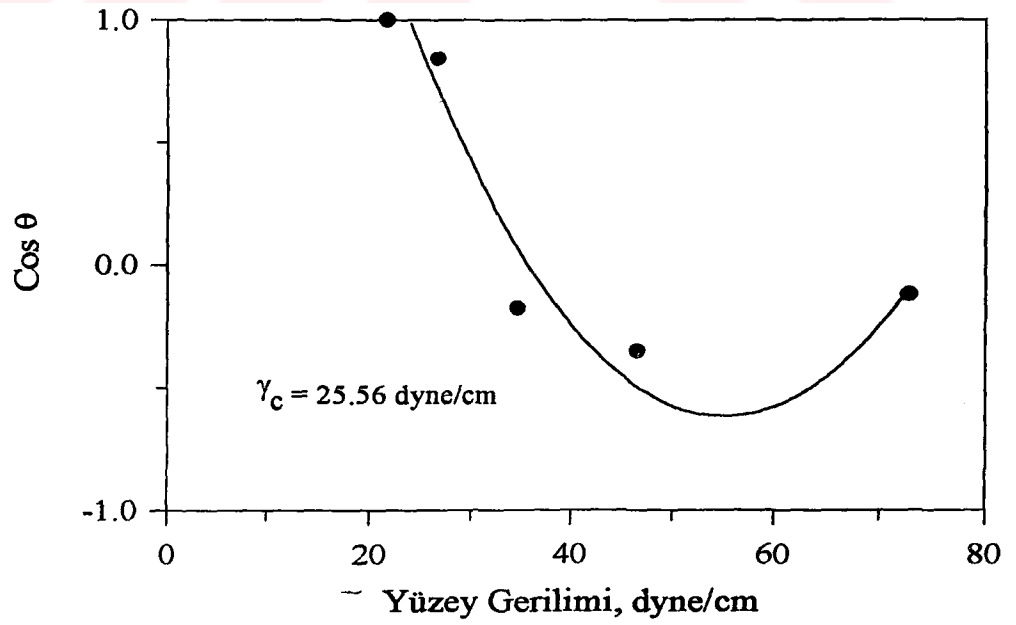
4.2.3.3.1. Sodyum Silikat

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikatın miktarı ile kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 1, 1,1, 1,2, 1,4 ve 1,6 kg/ton sodyum silikat miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 183, 184, 185, 186 ve 187'de verilmiştir.

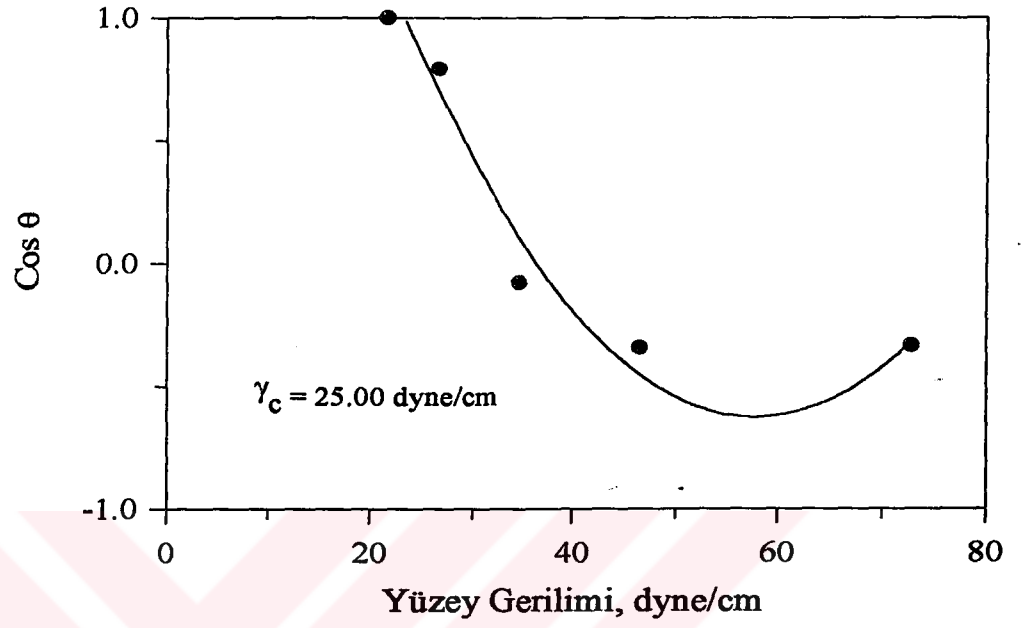
Sodyum silikat miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 188'de verilmiştir.



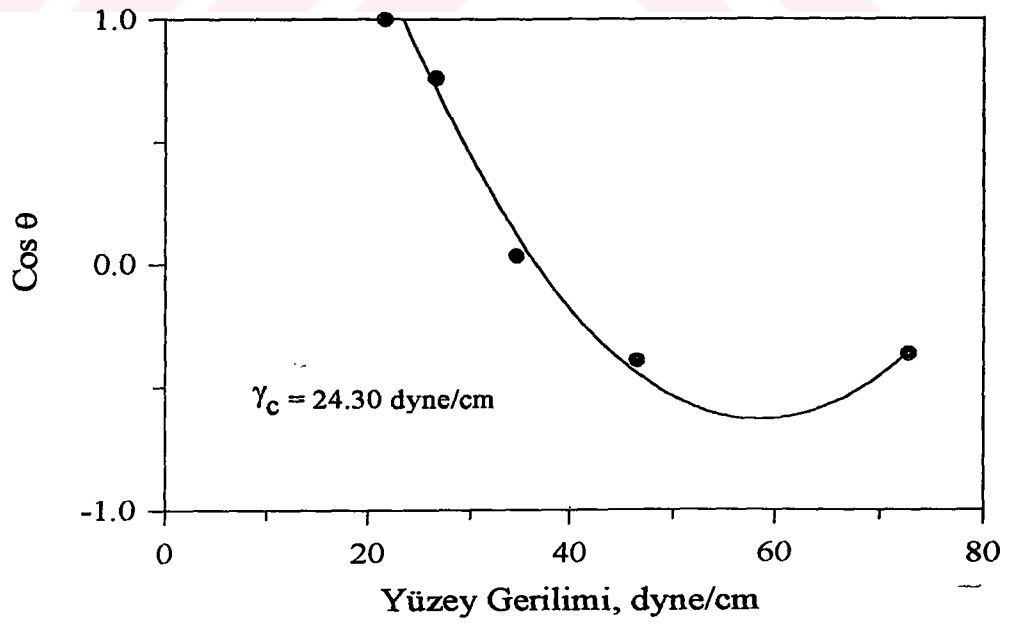
Şekil 183. 1 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



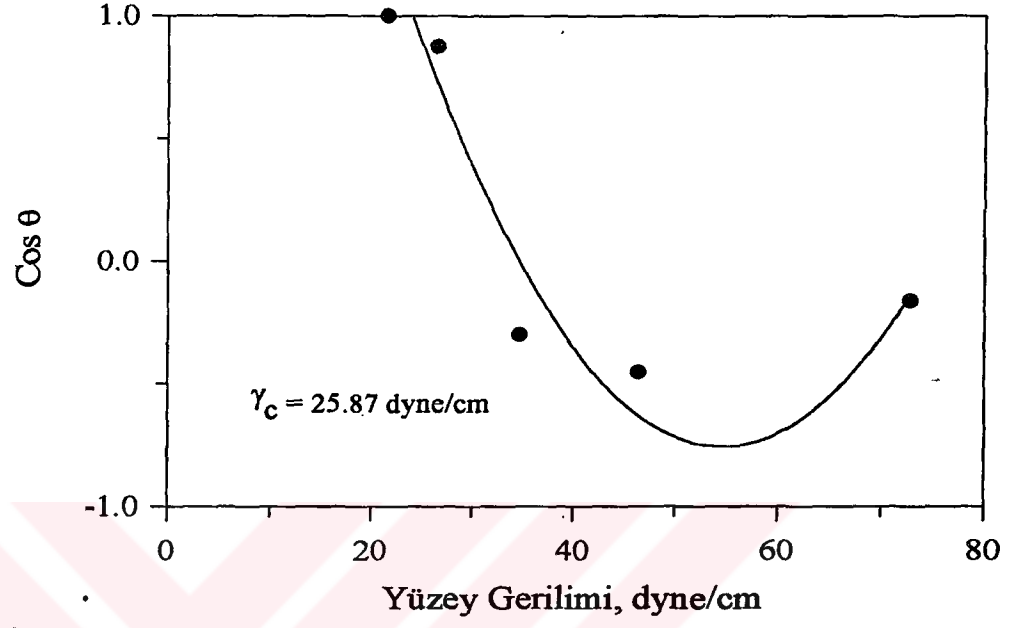
Şekil 184. 1,1 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



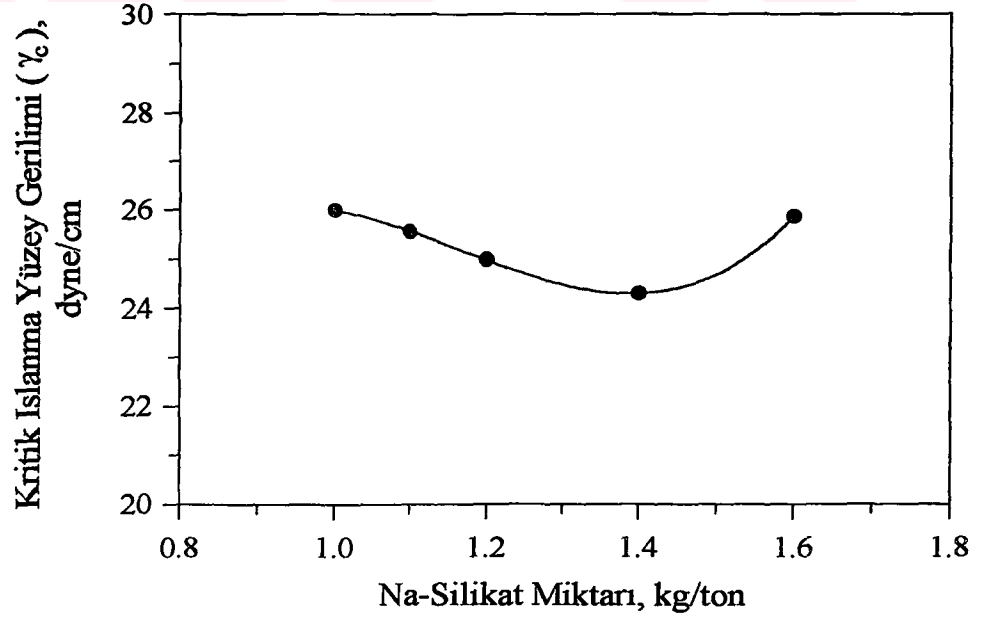
Şekil 185. 1,2 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 186. 1,4 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 187. 1,6 kg/ton sodyum silikat miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



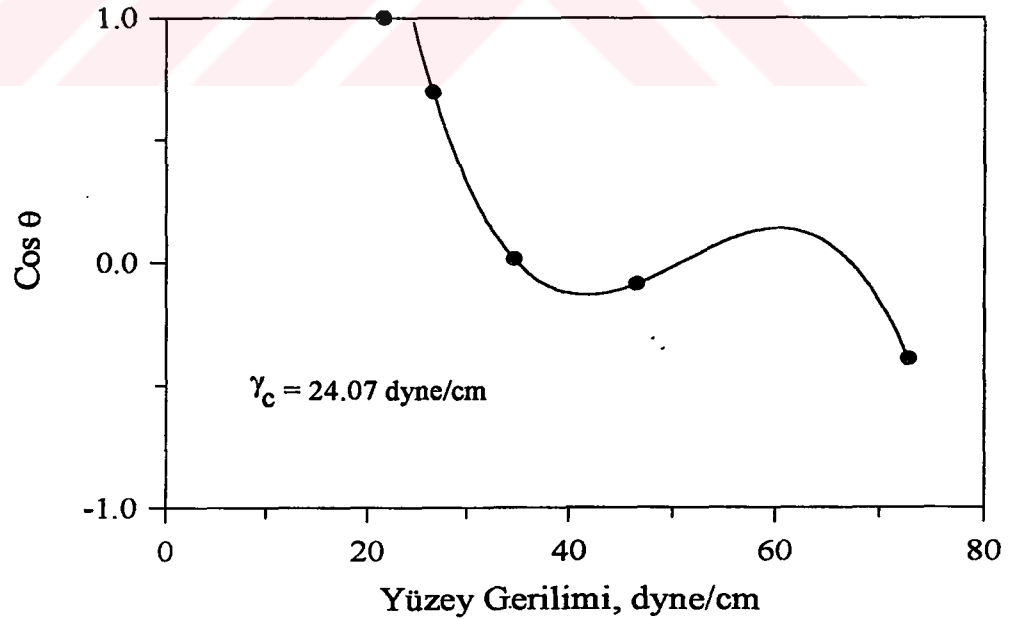
Şekil 188. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi.

Şekil 188'den görüldüğü gibi, sodyum silikat miktarına bağlı olarak kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde, dar bir aralıkta kısmi düşüşler ölçülmüştür.

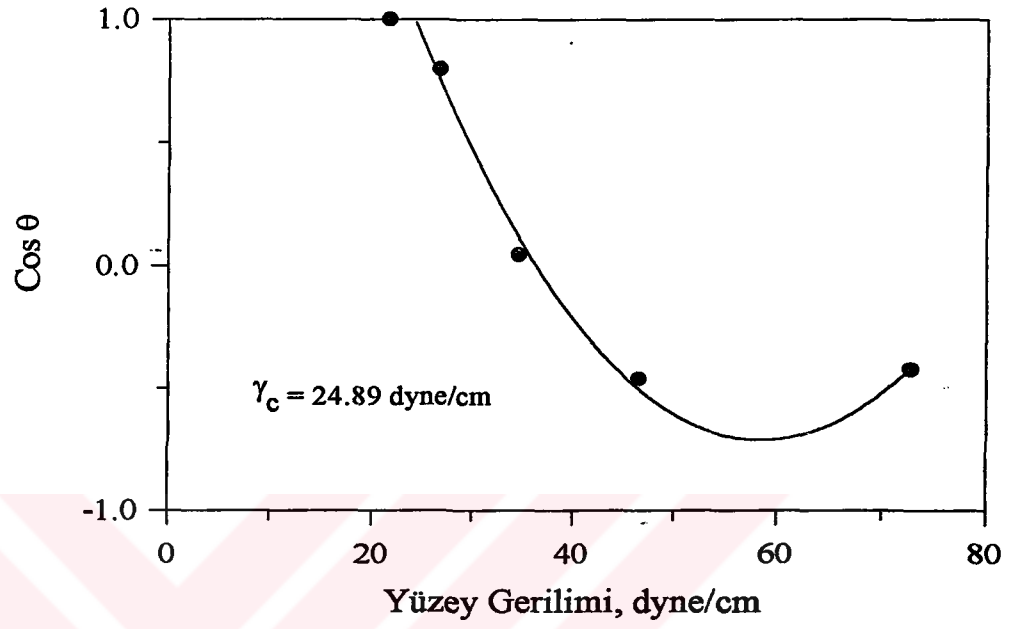
4.2.3.3.2. Sitrik Asit

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sitrik asit miktarı ile kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,5, 0,7, 0,8 ve 1,0 kg/ton sitrik asit miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 189, 190, 191 ve 192'de verilmiştir.

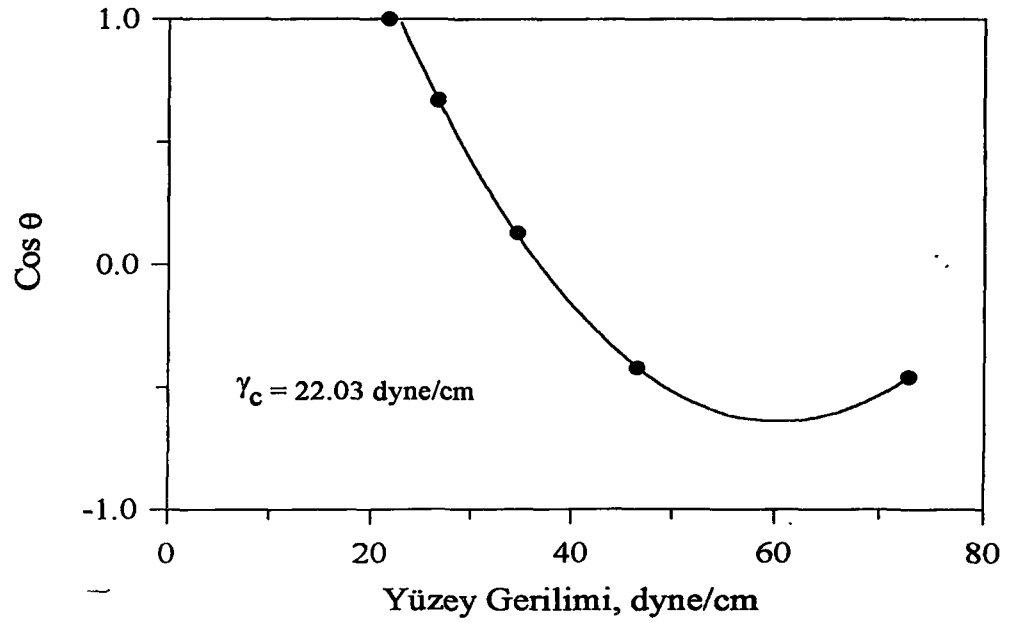
Sitrik asit miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 193'de verilmiştir.



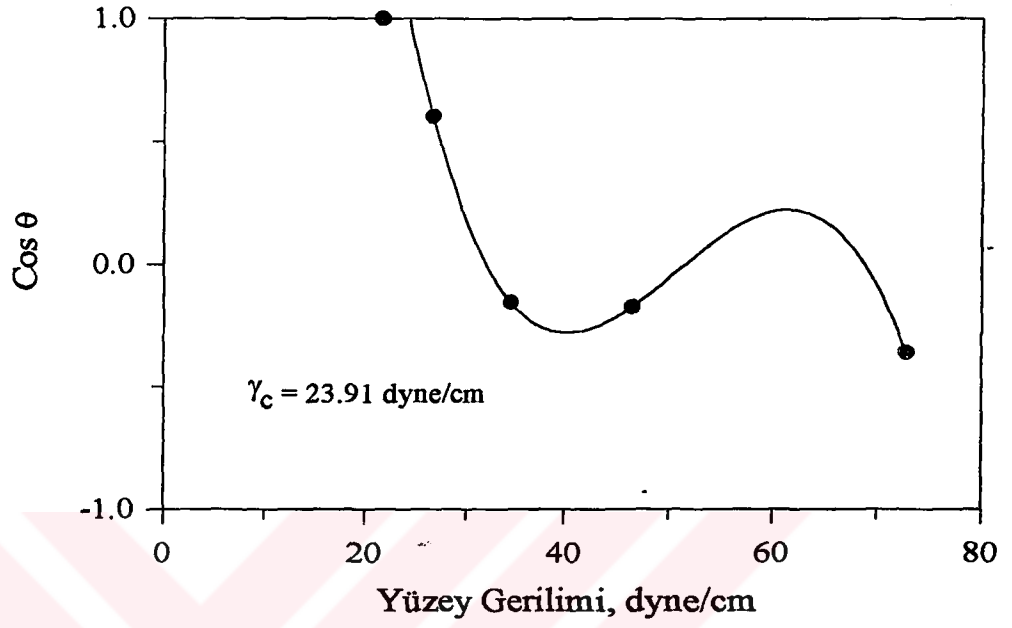
Şekil 189. 0,5 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



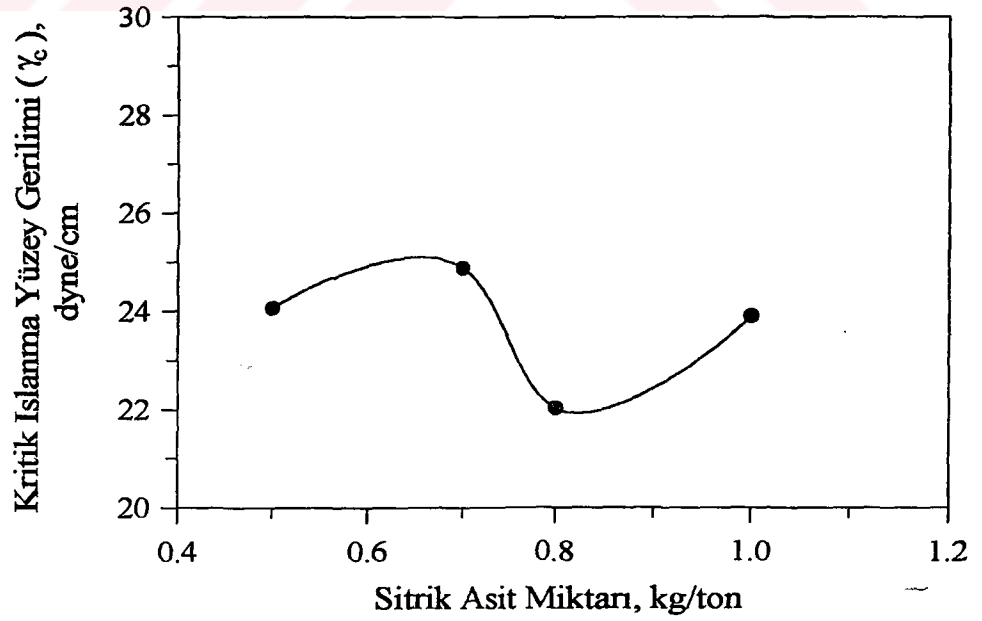
Şekil 190. 0,7 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 191. 0,8 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 192. 1 kg/ton sitrik asit miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



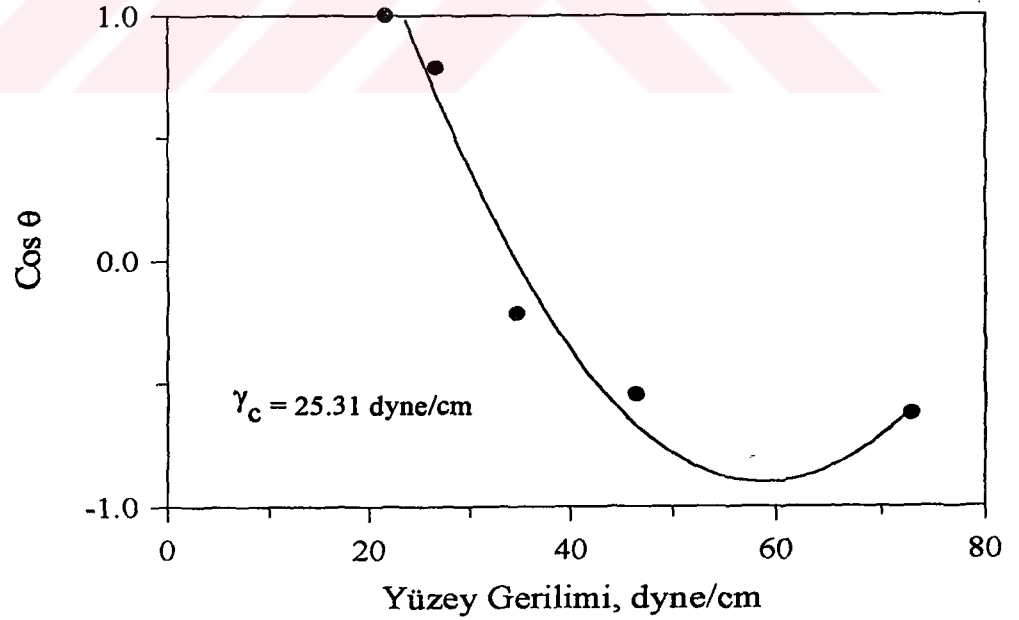
Şekil 193. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi.

Şekil 193’de görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen sitrik asit, kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerini gazyağının yüzey gerilimi değerinin çok altına düşürmektedir.

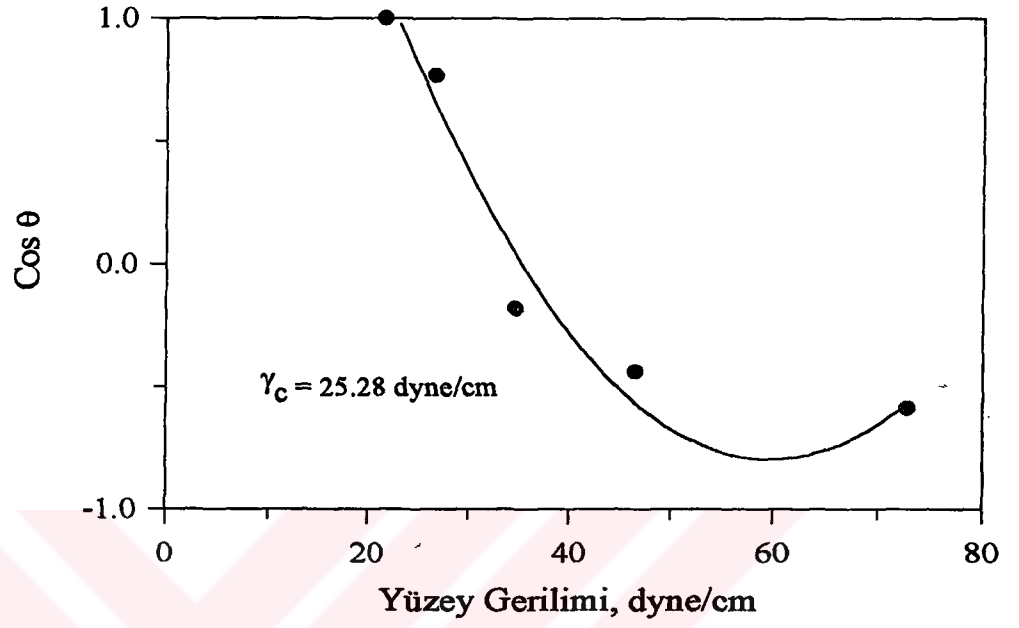
4.2.3.3.3. Dekstrin

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan dekstrin miktarı ile kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10’da 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,1, 0,3 ve 0,5 kg/ton dekstrin miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 194, 195 ve 196’da verilmiştir.

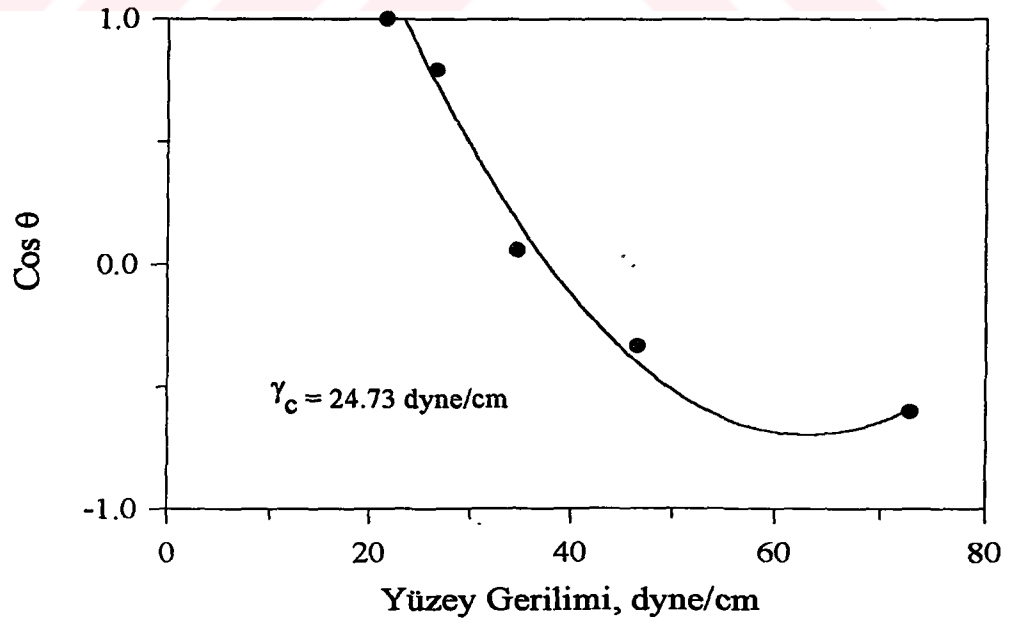
Dekstrin miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 197’de verilmiştir.



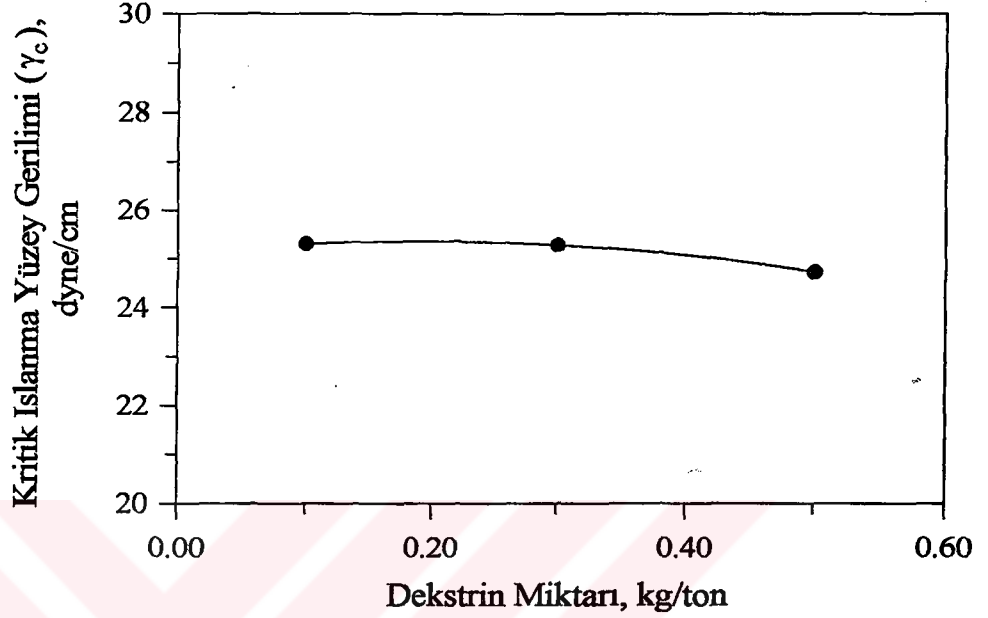
Şekil 194. 0,1 kg/ton dekstrin miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 195. 0,3 kg/ton dekstrin miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 196. 0,5 kg/ton dekstrin miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



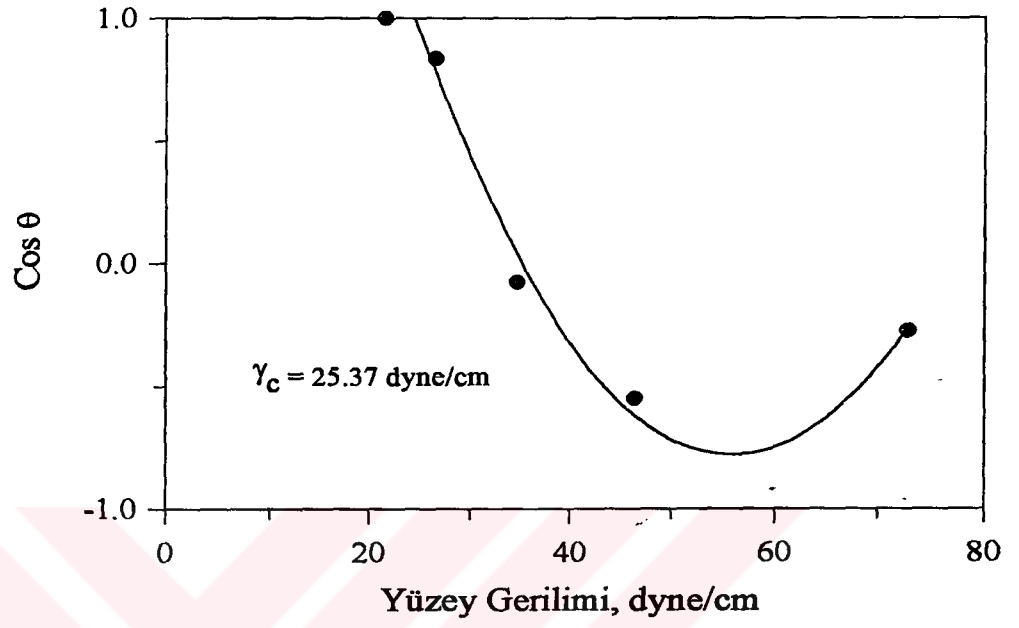
Şekil 197. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin dekstrin miktarı ile değişimi.

Şekil 197'den görüldüğü gibi, dekstrin miktarına bağlı olarak kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinde önemli bir değişme gözlenmemiştir.

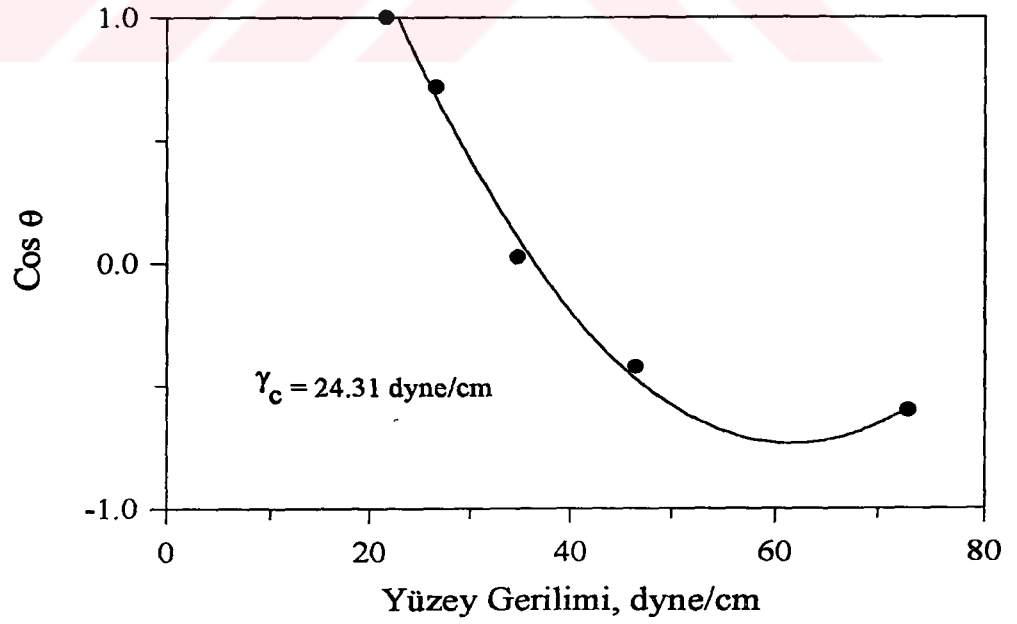
4.2.3.3.4. EDTA

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan EDTA miktarı ile kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10'da 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 1, 5, 6 ve 7 kg/ton EDTA miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 198, 199, 200 ve 201'de verilmiştir.

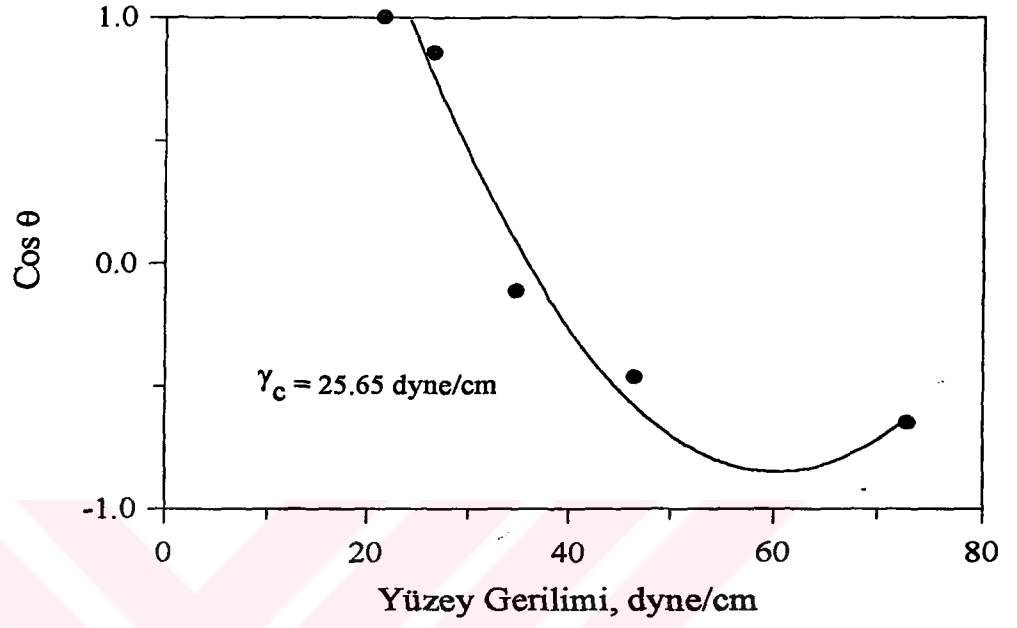
EDTA miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 202'de verilmiştir.



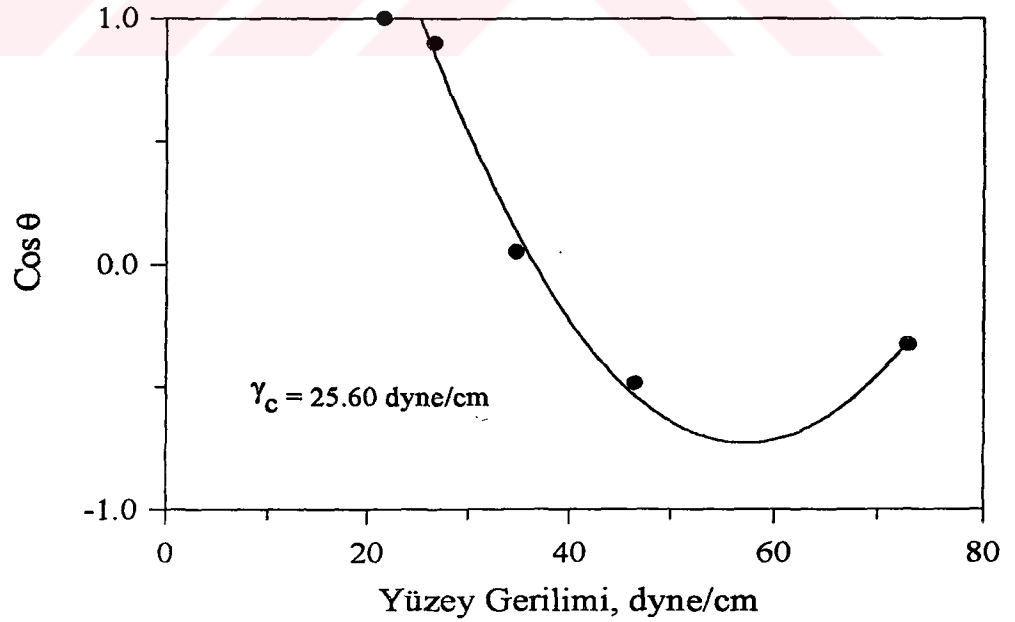
Şekil 198. 1 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



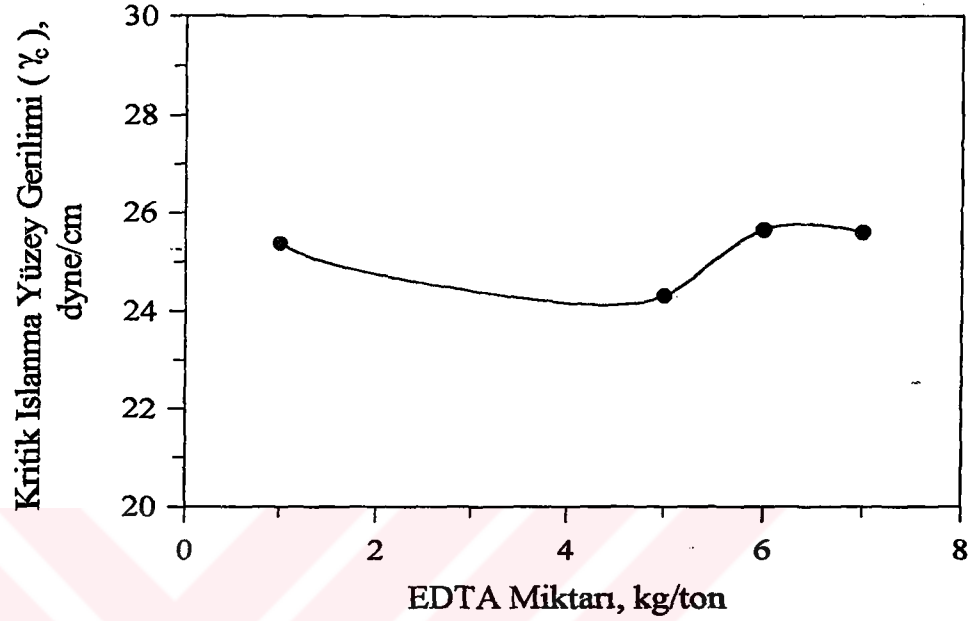
Şekil 199. 5 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 200. 6 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 201. 7 kg/ton EDTA miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



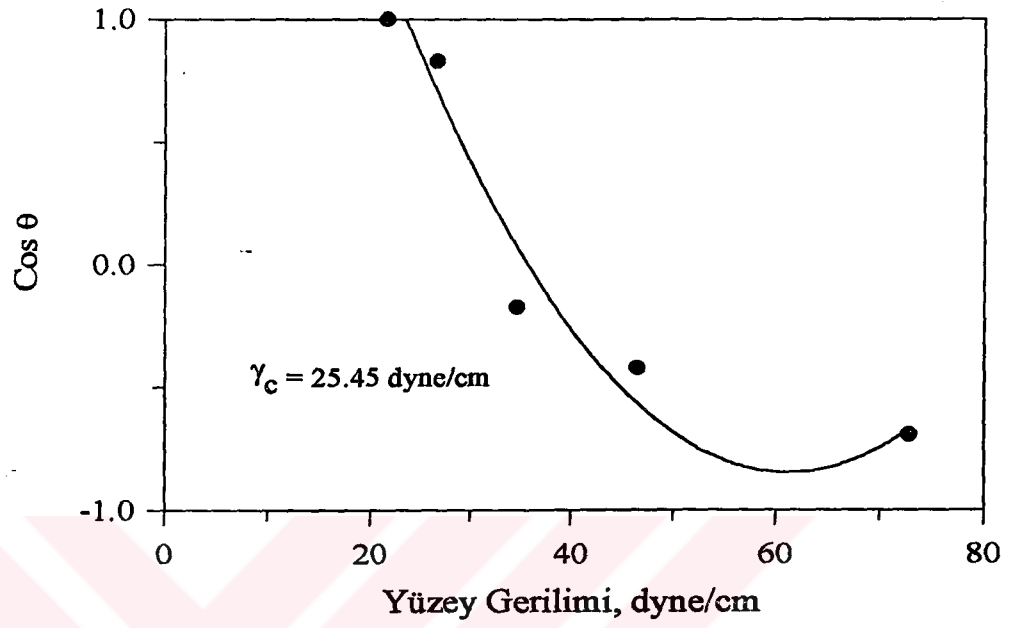
Şekil 202. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi.

EDTA miktarına bağlı olarak, kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinde önemli bir değişikliğin olmadığı Şekil 202’de görülmektedir.

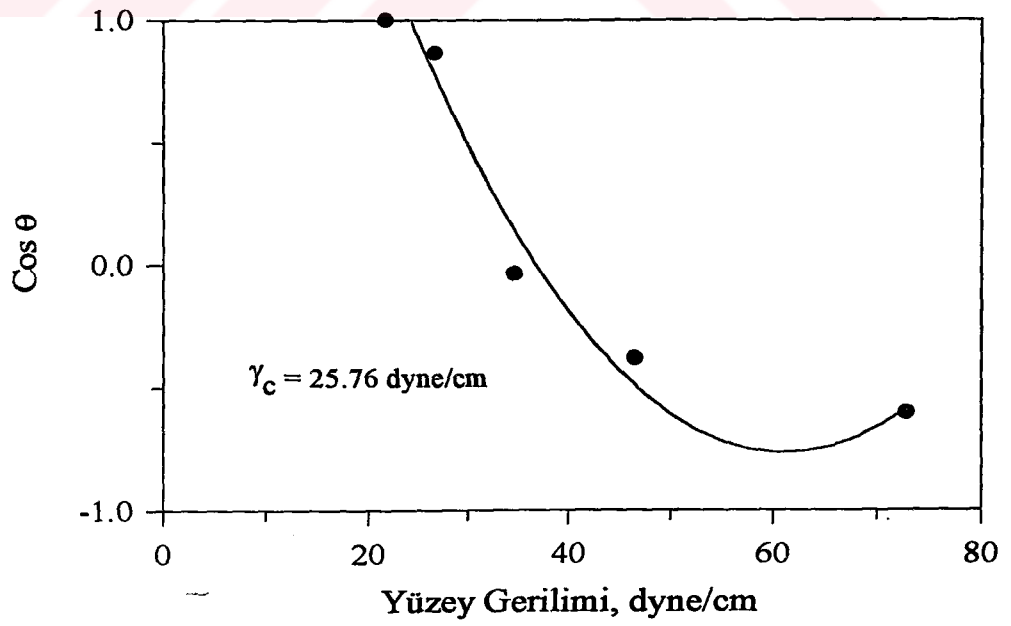
4.2.3.3.5. Quebracho

Kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan quebrachonun miktarı ile kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değişimini belirlemek amacıyla pH 10’da 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak 0,01, 0,02, 0,03 ve 0,04 kg/ton quebracho miktarlarında temas açısı ölçümü deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 203, 204, 205 ve 206’da verilmiştir.

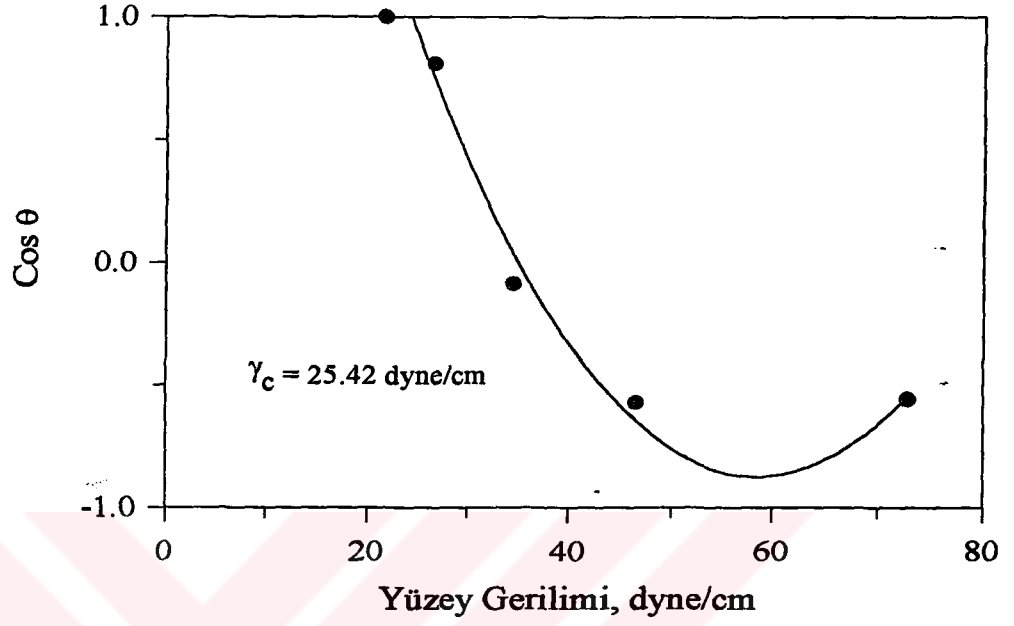
Quebracho miktarı ile kritik ıslanma yüzey gerilimi arasındaki ilişki ise Şekil 207’de verilmiştir.



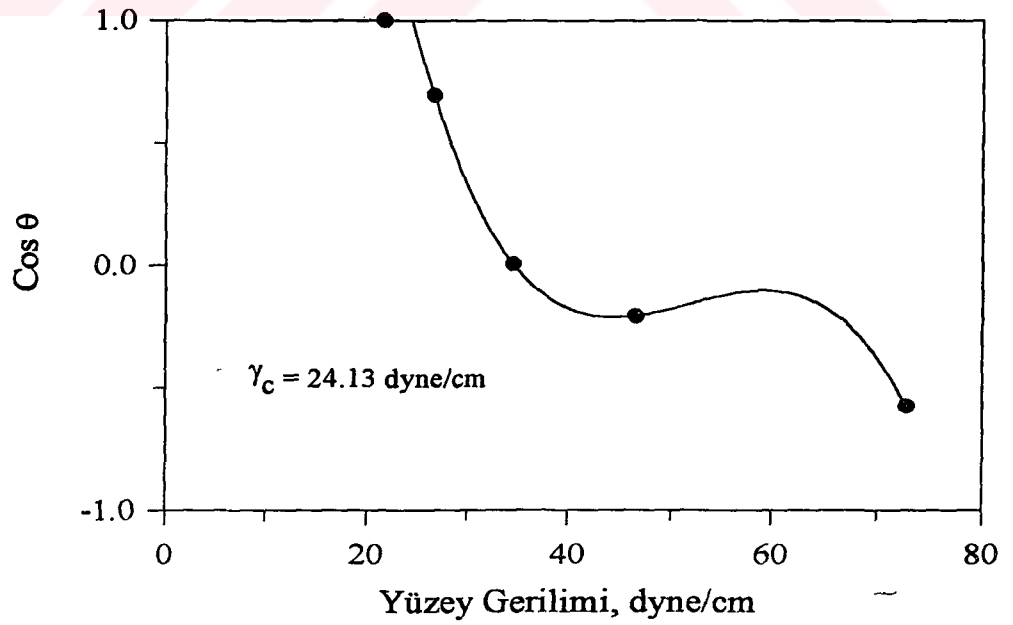
Şekil 203. 0,01 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



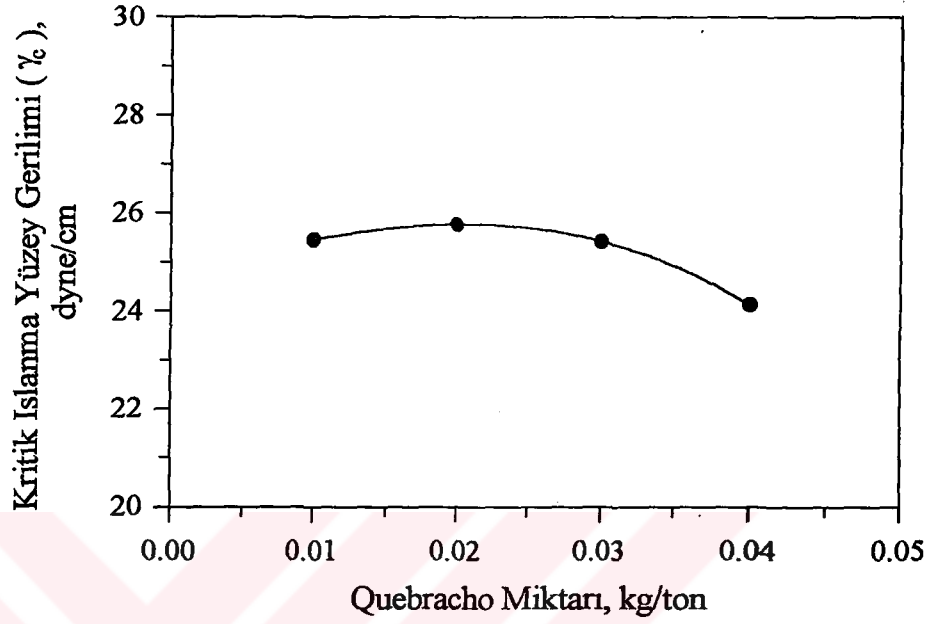
Şekil 204. 0,02 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 205. 0,03 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 206. 0,04 kg/ton quebracho miktarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi.



Şekil 207. Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi.

Şekil 207'den görüldüğü gibi, kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi, 0,020 kg/ton quebracho miktarından sonra dar bir aralıkta azalma eğilimi göstermiştir.

4.3. Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneyleri

Selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde etkili olan parametrelerden pH; toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat ve Na-DDS miktarları ile zeta potansiyeli değişimini belirlemek amacıyla zeta potansiyeli ölçüm deneyleri yapılmıştır.

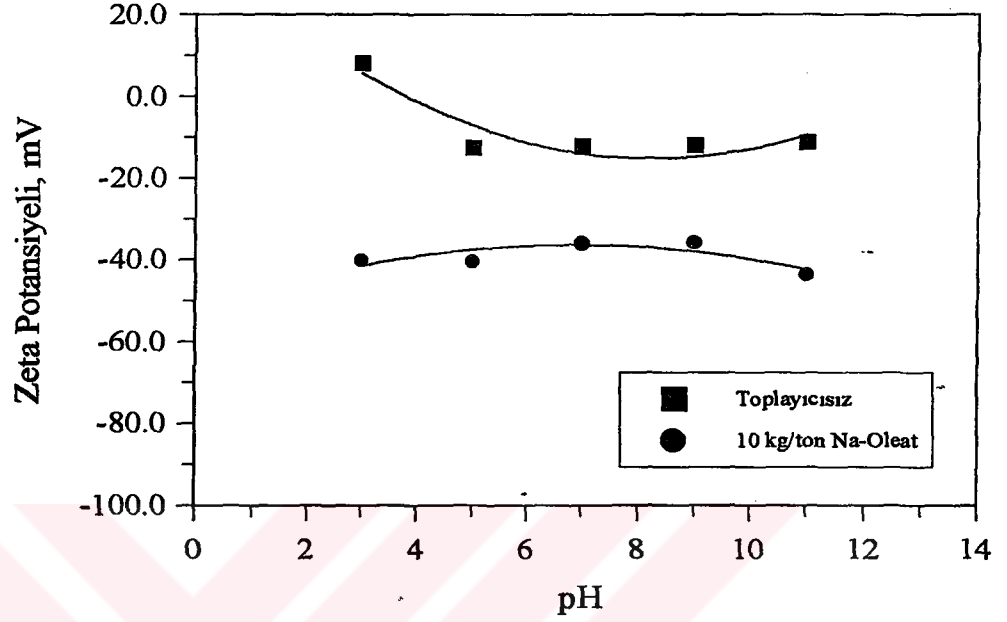
Ayrıca, selestit, barit ve kalsit ile yapılan zeta potansiyeli ölçümlerinden elde edilen zeta potansiyeli değerleri sırasıyla EK-3A, EK-3B ve EK-3C’de verilmiştir.

4.3.1. Selestit

Zeta potansiyeli ölçümü için numune hazırlanırken, kondisyonlama süresi: 5 dak; reaktif karıştırma süresi: 1 dak olarak alınmıştır.

4.3.1.1. pH

Selestitin yağ aglomerasyonunda, pH’ın değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla toplayıcısız ve 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak, pH 3, 5, 7, 9 ve 11’de zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 208’de verilmiştir.

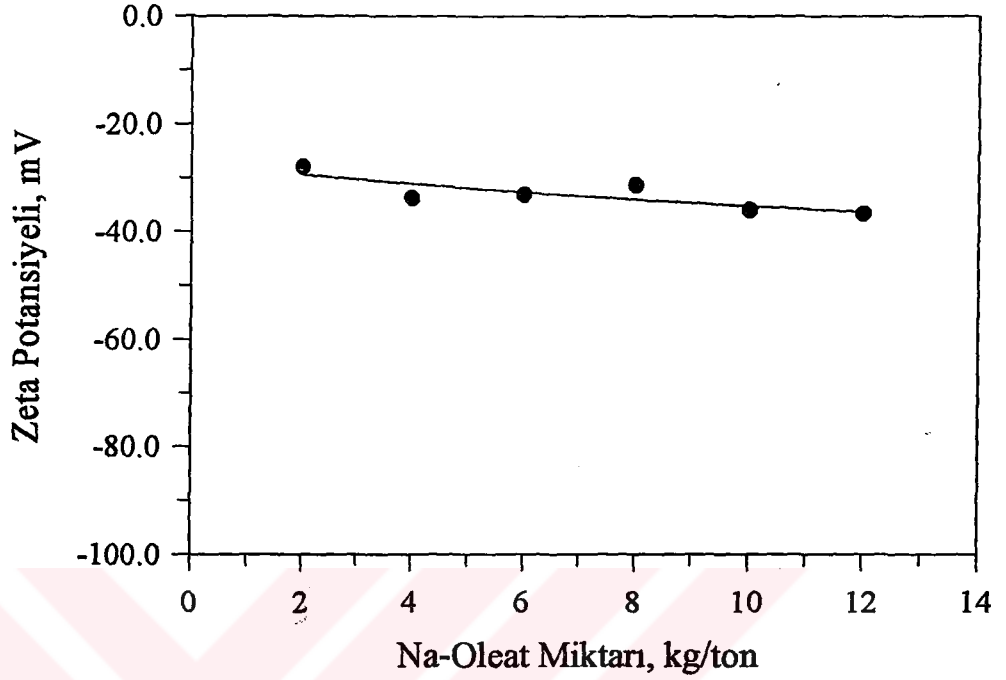


Şekil 208. Selestitin zeta potansiyelinin pH ile değişimi.

Şekil 208'den görüldüğü gibi, pH 7 ve 9'da selestitin zeta potansiyeli değeri azalmakta, düşük ve yüksek pH'larda ise değeri kısmen artmaktadır. En yüksek verim zeta potansiyeli değerinin yaklaşık - 36 mV olduğu durumda elde edilmiştir. Zeta potansiyeli değeri - 40 mV ve daha aşağı olduğu değerlerde aglomerasyon verimi düşmektedir.

4.3.1.2. Na-Oleat Miktarı

Selestitin yağ aglomerasyonunda, Na-Oleat miktarının değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 7'de 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 kg/ton Na-Oleat miktarlarında zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 209'da verilmiştir.

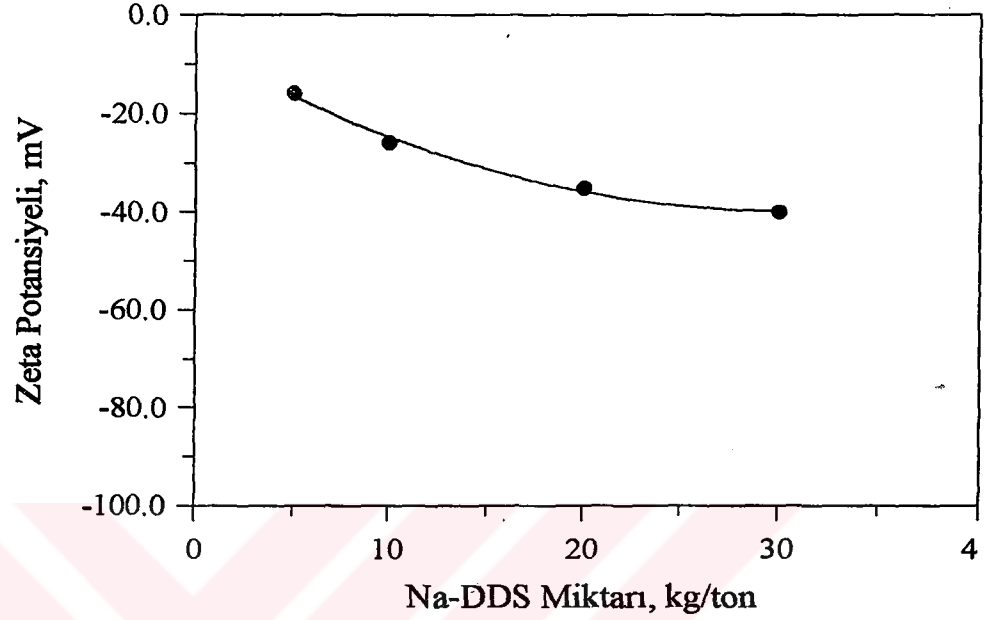


Şekil 209. Selestitin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi.

Şekil 209'dan, Na-Oleat miktarının artması ile selestitin zeta potansiyelinin negatif değerinin arttığı görülmektedir. En yüksek aglomerasyon verimi yine -36 mV zeta potansiyeli değerinde elde edilmiştir.

4.3.1.3. Na-DDS Miktarı

Selestitin yağ aglomerasyonunda, Na-DDS miktarının değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 7'de 5, 10, 20 ve 30 kg/ton Na-DDS miktarlarında zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 210'da verilmiştir.



Şekil 210. Selestitin zeta potansiyelinin Na-DDS miktarı ile değişimi.

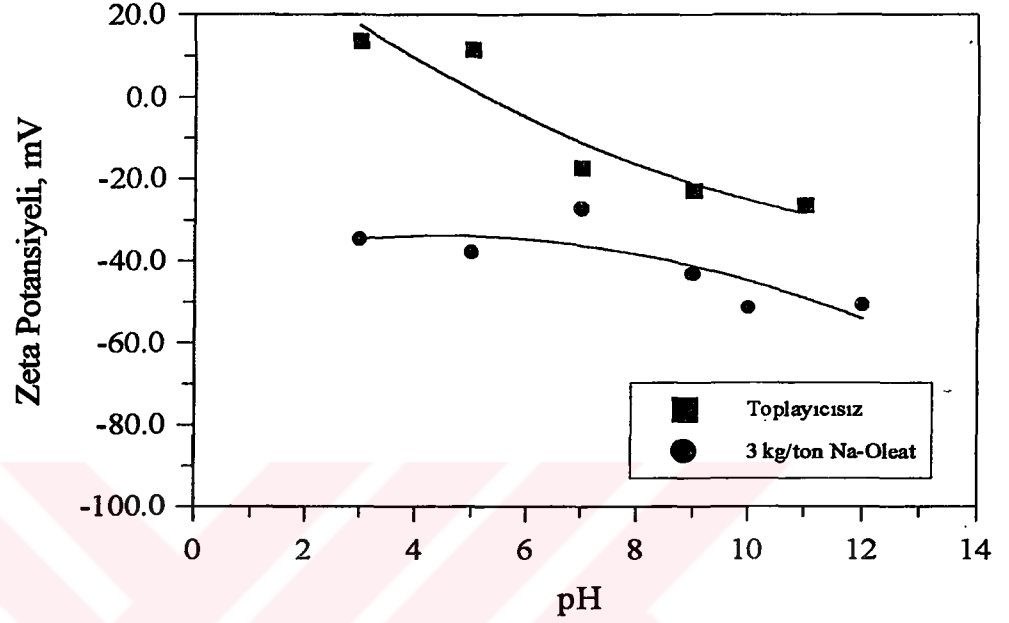
Selestitin yağ aglomerasyonunda, sistemdeki Na-DDS miktarı arttıkça zeta potansiyelinin negatif değerinin arttığı Şekil 210'dan görülmektedir. Toplayıcı olarak Na-Oleat kullanıldığında -36 mV zeta potansiyeli değerinde yüksek verimler elde edilirken, 20 kg/ton Na-DDS miktarında yaklaşık olarak aynı zeta potansiyeline ulaşılmamasına rağmen aglomerat elde edilememiştir.

4.3.2. Barit

Zeta potansiyeli ölçümü için numune hazırlanırken, kondisyonlama süresi: 2 dak; reaktif karıştırma süresi: 1 dak olarak alınmıştır.

4.3.2.1. pH

Baritin yağ aglomerasyonunda, pH ile zeta potansiyeli değişimini belirlemek amacıyla toplayıcısız ve 3 kg/ton Na-Oleat kullanılarak, pH 3, 5, 7, 9, 10 ve 12'de zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 211'de verilmiştir.

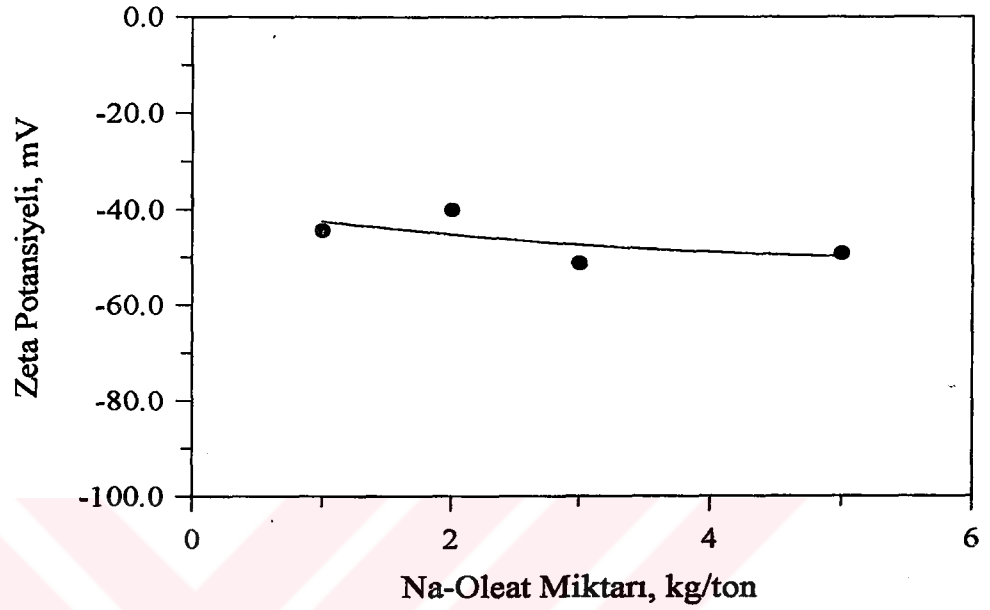


Şekil 211. Baritin zeta potansiyelinin pH ile değişimi.

Şekil 211 incelendiğinde, baritin zeta potansiyelinin pH 7'de diğer pH'lara göre negatif değerinin düştüğü görülmektedir. En yüksek aglomerasyon veriminin elde edildiği pH 10'da baritin zeta potansiyeli - 50 mV civarlarında ölçülmüştür. Verimin kısmen düşük olmasına rağmen pH 5'de ise baritin zeta potansiyeli yaklaşık - 40 mV tespit edilmiştir. Zeta potansiyelinin - 27 mV olduğu pH 7'de ise verim pH 10'a göre daha düşük olmuştur.

4.3.2.2. Na-Oleat Miktarı

Baritin yağ aglomerasyonunda, toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat miktarının değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 10'da 1, 2, 3 ve 5 kg/ton Na-Oleat miktarlarında zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 212'de verilmiştir.

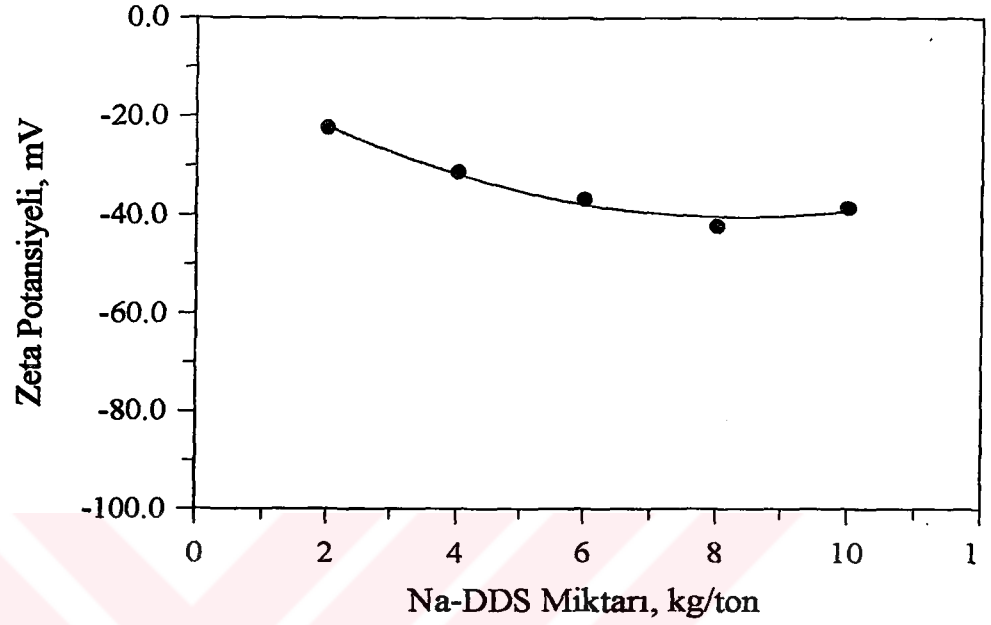


Şekil 212. Baritin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi.

Baritin yağ aglomerasyonunda 3 kg/ton Na-Oleat miktarında verim en yüksek değerine ulaşmıştı. Şekil 212 incelendiğinde, en yüksek verimin elde edildiği Na-Oleat miktarında baritin zeta potansiyeli değerinin yaklaşık -50 mV olduğu görülmektedir.

4.3.2.3. Na-DDS Miktarı

Baritin yağ aglomerasyonunda, toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS miktarının değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 10'da 2, 4, 6, 8 ve 10 kg/ton Na-DDS miktarlarında zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 213'de sunulmuştur.



Şekil 213. Baritin zeta potansiyelinin Na-DDS miktarı ile değişimi.

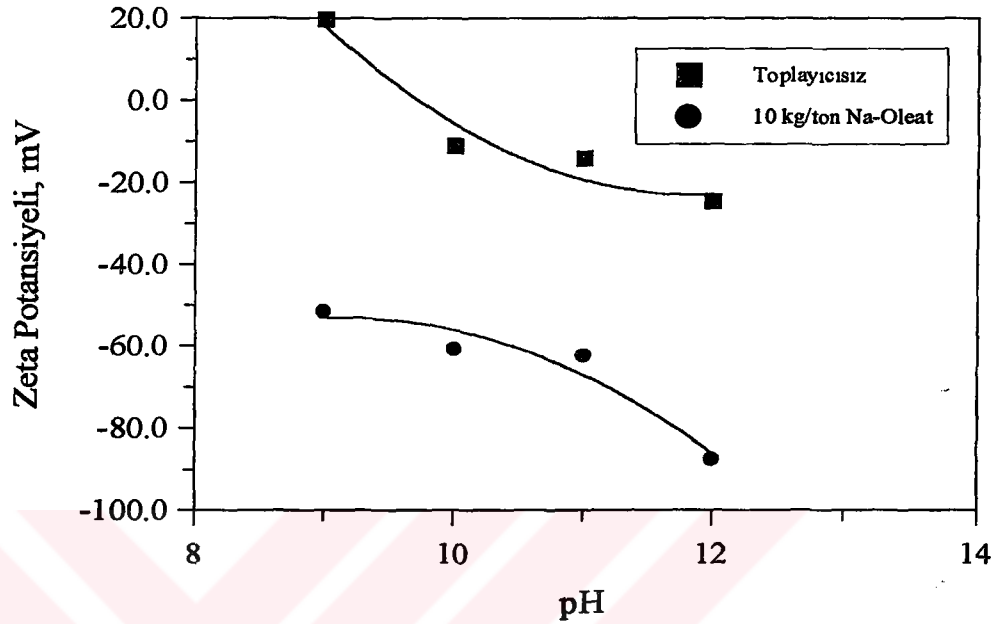
Şekil 213'den de görüldüğü gibi, toplayıcı olarak Na-DDS kullanıldığında en yüksek verimin elde edildiği 9 kg/ton Na-DDS miktarında baritin zeta potansiyeli, yaklaşık olarak - 40 mV olarak ölçülmüştür. Ancak, toplayıcı olarak Na-Oleat kullanıldığında en yüksek verim - 50 mV civarında elde edilmişti.

4.3.3. Kalsit

Zeta potansiyeli ölçümü için numune hazırlanırken, kondisyonlama süresi: 2 dak; reaktif karıştırma süresi: 1 dak olarak alınmıştır.

4.3.3.1. pH

Baritin yağ aglomerasyonunda, pH ile zeta potansiyeli değişimini belirlemek amacıyla toplayıcısız ve 10 kg/ton Na-Oleat kullanılarak, pH 9, 10, 11 ve 12'de zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 214'de verilmiştir.

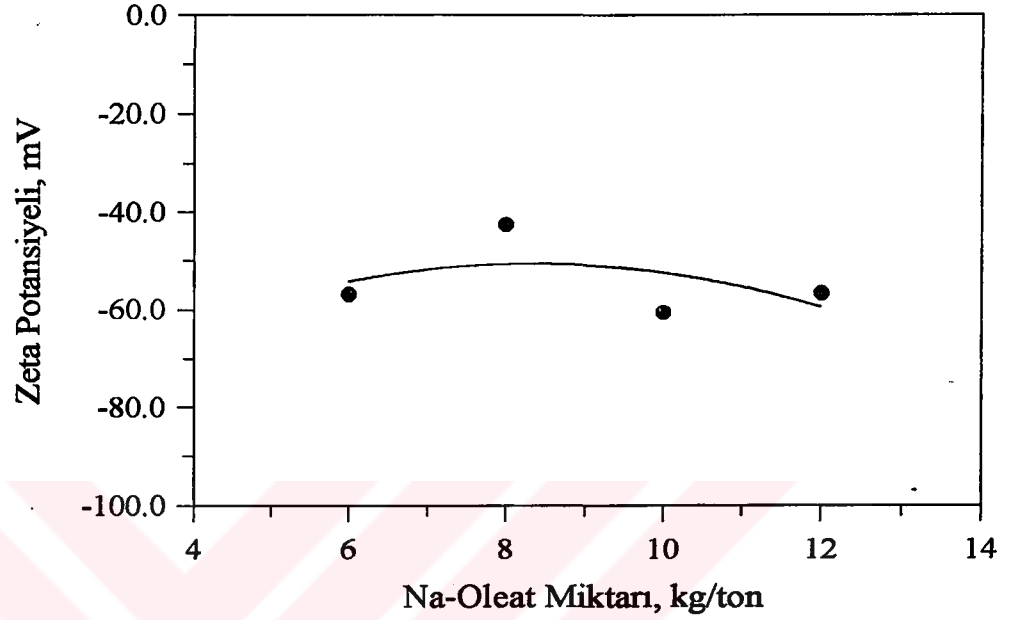


Şekil 214. Kalsitin zeta potansiyelinin pH ile değişimi.

Şekil 214'de, pH arttıkça kalsitin zeta potansiyelinin azaldığı görülmektedir. En yüksek verimin elde edildiği pH 10'da kalsitin zeta potansiyelinin yaklaşık - 60 mV olarak ölçülmüştür. Aglomerasyon verimin çok düştüğü pH 9'da, kalsitin zeta potansiyel değeri pH 10'daki değerine göre daha düşük, pH 12'deki zeta potansiyeli değeri ise daha negatif olarak tespit edilmiştir.

4.3.3.2. Na-Oleat Miktarı

Kalsitin yağ aglomerasyonunda, toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat miktarının değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 10'da 6, 8, 10 ve 12 kg/ton Na-Oleat miktarlarında zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 215'de verilmiştir.

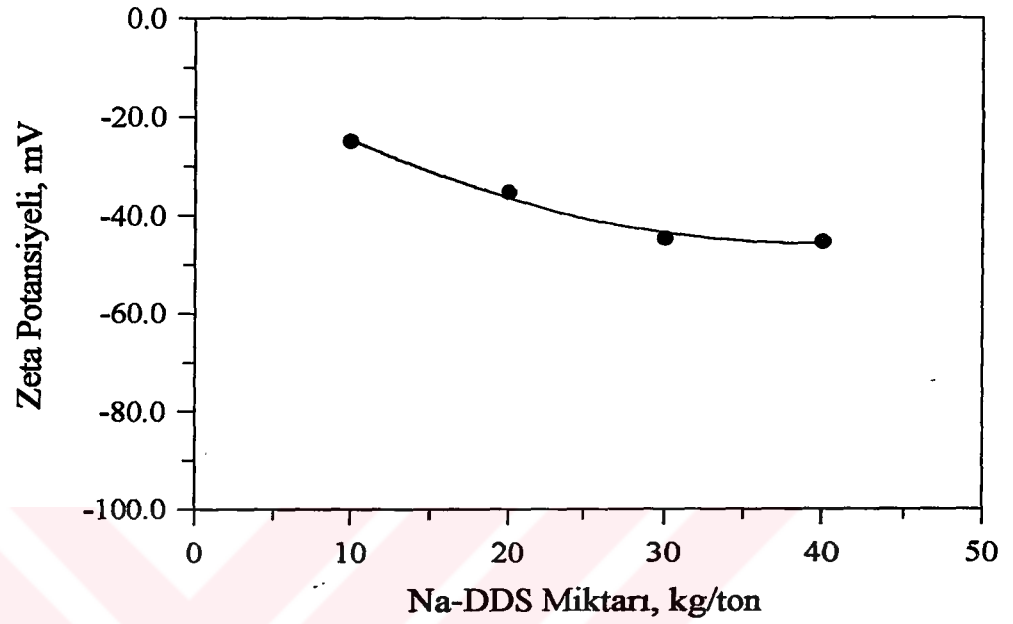


Şekil 215. Kalsitin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi.

Kalsitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-Oleat'ın miktarı ile kalsitin zeta potansiyeli değişimi Şekil 215'de görülmektedir. Sisteme ilave edilen Na-Oleat miktarı optimum miktarın altında ve üstünde olduğu durumlarda zeta potansiyelinin negatif değeri düşmektedir.

4.3.3.3. Na-DDS Miktarı

Kalsitin yağ aglomerasyonunda, toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS miktarının değişimi ile zeta potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla pH 10'da 10, 20, 30 ve 40 kg/ton Na-DDS miktarlarında zeta potansiyeli deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 216'da verilmiştir.



Şekil 216. Kalsitin zeta potansiyelinin Na-DDS miktarı ile değişimi.

Şekil 216'dan da görüldüğü gibi, kalsitin yağ aglomerasyonunda toplayıcı olarak kullanılan Na-DDS'nin miktarı yükseldikçe kalsitin zeta potansiyeli daha negatif olmaktadır.

Genel olarak, Na-DDS ile ölçülen zeta potansiyeli değerleri, Na-Oleat kullanıldığında ölçülen değerlerden daha düşük olmuştur.

5. TARTIŞMA

Tuz tipi minerallerden olan selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde yapılan deneylerden elde edilen bulgular literatürdeki bulgular ışığında tartışılmıştır. Bulgular bölümünde olduğu gibi tartışma bölümünde de her parametre ayrı ayrı ele alınmıştır

5.1. Tekli Mineraller

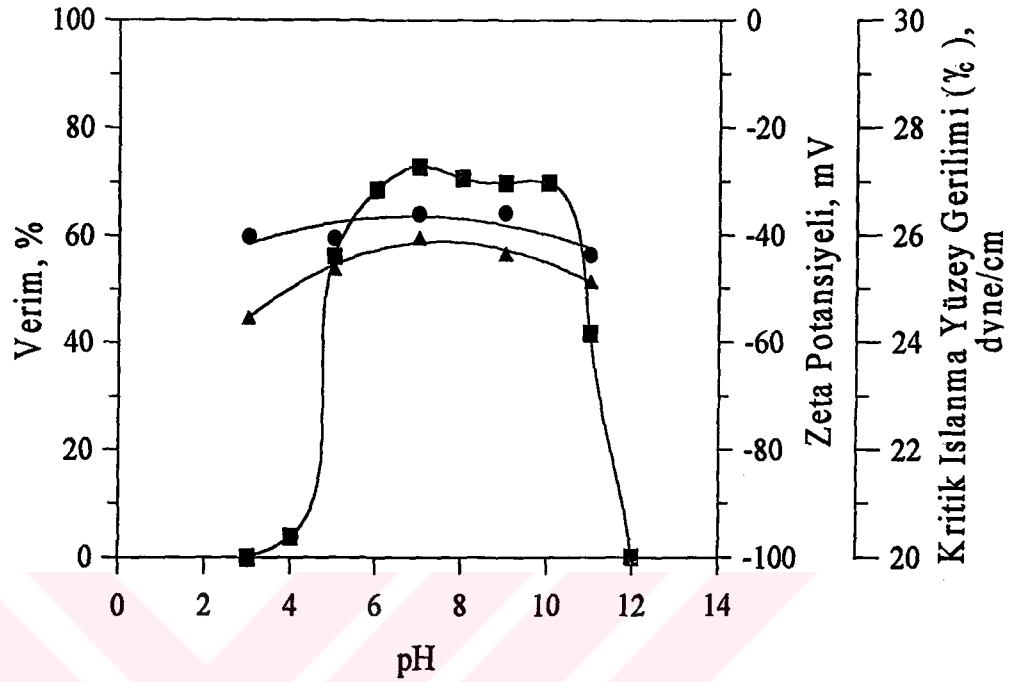
Tekli mineraller ile yapılan deneylerde, ilgili değişkenin aglomerasyon verimine etkisi ile ilgili tartışmalar aşağıda verilmiştir.

5.1.1. pH

Bilindiği gibi, pülün pH'sı minerallerin çözünmesi, yüzey özellikleri ve toplayıcıların hidrolizi üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle, aglomerasyon prosesinde pülün pH'sı birinci derecede önemlidir.

Oleik asit yüksek pH'larda R^- , R^{-2} ve R_2H^- iyonları şeklinde, düşük pH'larda ise RH nötr molekülleri şeklinde bulunur (Somasundaran, 1976; Anonthapodmonobhan ve Somasundaran, 1980). pH 9 ve üzerinde ortamda yoğun olarak bulunan bileşik, oleat anyonudur. pH < 9'da ise sistemdeki oleat anyonlarının konsantrasyonu azalmaktadır (Leja, 1983).

Selestit, barit ve kalsit ile yapılan yağ aglomerasyonu deneylerinde optimum pH değerleri selestit için 7, barit ve kalsit için 10 olarak bulunmuştur. Selestitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi Şekil 217'de verilmiştir.



Şekil 217. Selestitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik Islanma Yüzey Gerilimi).

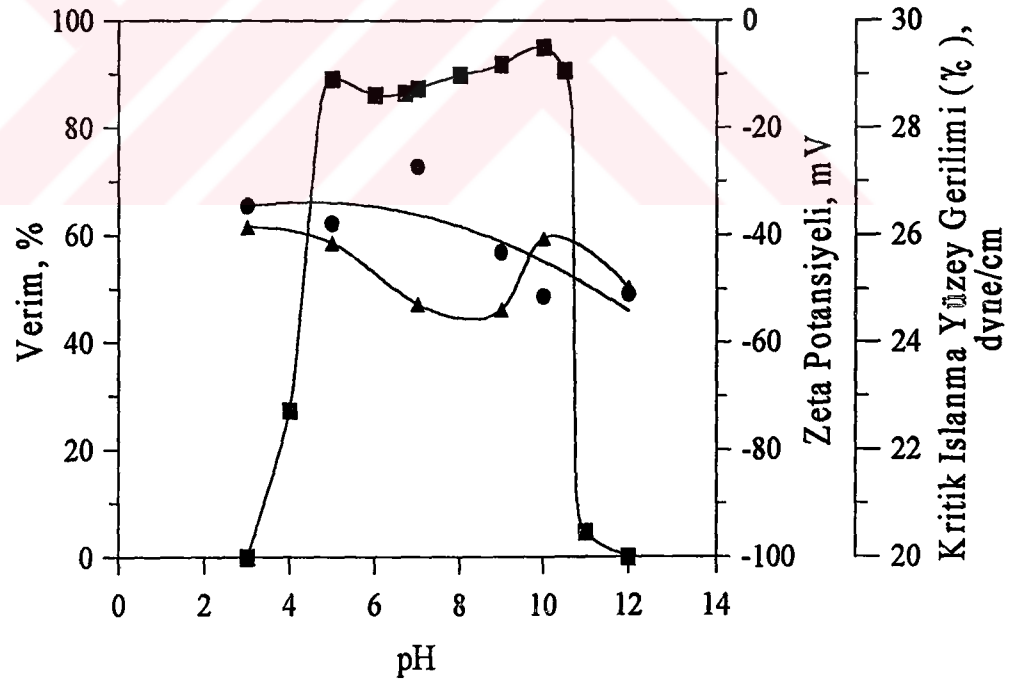
Şekil 217'den görüldüğü gibi, düşük ve yüksek pH'larda selestitin zeta potansiyeli, nötr pH'a göre daha negatiftir. Bu nedenle, yüksek pH değerlerinde oleat anyonları ile mineral yüzeyi arasındaki elektrostatik itme kuvvetleri daha zayıf olacaktır. pH 3 ve 11'de zeta potansiyeli değerleri yaklaşık aynı olmasına rağmen, pH 11'de aglomerat elde edilmiş, pH 3'te ise aglomerat elde edilememiştir. Çok yüksek pH'larda (pH 11 ve üzeri) aglomerasyon verimindeki azalma; mineral yüzeyine hidroksil iyonları adsorpsiyonu sonucu oleat anyonlarının adsorpsiyon olamamasına dayandırılmıştır. pH 4 ve altında, Na-Oleatın yeterince iyonlaşamaması sonucu sistemde oleat anyonu miktarı azalmıştır. Bu nedenle, aglomerasyon verimi düşmüştür.

Ayrıca, Şekil 217'den de görülebileceği gibi, düşük ve yüksek pH'larda selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi düşmektedir. Selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi pH 7'de, 25,95 dyne/cm olan gazyağının yüzey gerilimine en yakın değere sahiptir. Bunun alt ve üstündeki pH'larda gazyağının yüzey geriliminden daha

düşük yüzey gerilimine sahip olduğundan dolayı, gazyağı tarafından selestit ıslatılamayacağı için aglomerasyon verimi düşecektir. pH 3 ve 11’de selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimindeki düşüş, yüzeyin hidrofobluğunun arttığını göstermektedir. Bu durum, pH 3’de nötr oleat moleküllerinin selestit yüzeyine kısmi çökmesine, pH 11’de ise yüzeye kısmi adsorbe olmuş oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Ayrıca, sisteme ilave edilen gazyağının zeta potansiyeli değerleri, pH 2-11 arasında yaklaşık -20 mV ile -90 mV aralığında değişmektedir (Wen ve Sun, 1977). Verimlerdeki düşüş de selestit tanecikleri ile gazyağı damlacıkları arasındaki elektrostatik itme kuvvetleri de etkili olmuştur.

Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH’a bağlı olarak değişimi Şekil 218’de verilmiştir.

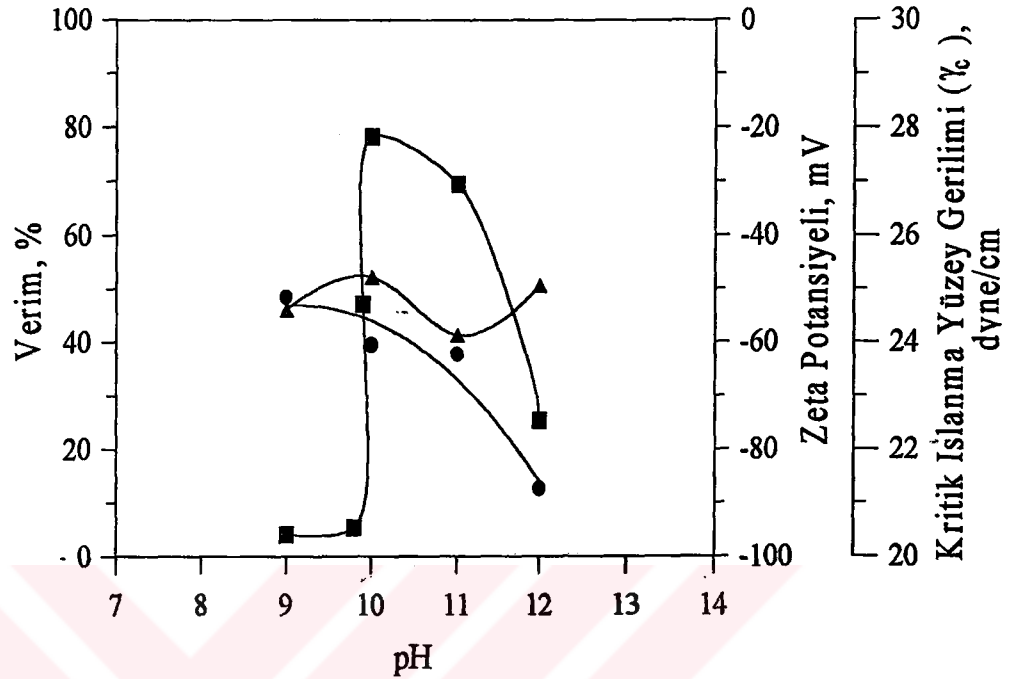


Şekil 218. Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH’a bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik Islanma Yüzey Gerilimi).

Şekil 218'den görüldüğü gibi, baritin aglomerasyon verimi pH 5 ve 10'da artmakta ve pH 3 ile 12'de aglomerat elde edilememiştir. pH 10'da aglomerasyon veriminin yüksek olması sistemde oleat anyonlarının baritin yüzeyine adsorpsiyonunun artması sonucu baritin yeterince hidrofob olmasına dayandırılmıştır. Bu pH değerinde gazyağının zeta potansiyel değeri -90 mV civarındadır. Verimin yüksek olması, karıştırma ile sağlanan kinetik enerjinin elektrostatik itme enerjisinden yüksek olduğunu göstermektedir. Literatürde baritin şarjın sıfır noktası (iep) değerinin pH 4,5'de olduğu belirtilmektedir (Marinakis ve Shergold, 1985). Yine Şekil 218'de görüldüğü gibi, pH 5'de baritin zeta potansiyeli değeri, genel olarak pH 10'daki zeta potansiyeli değerinden daha düşük (yaklaşık -40 mV) olduğu da görülmektedir. Bu durumda gazyağı damlacıklarıyla barit tanecikleri arasındaki elektrostatik itim kuvvetleri daha az olacağından gazyağı damlacıkları barit yüzeyinde daha kolay yayılmış ve aglomerasyon verimi artmıştır. Ayrıca, sistemde bulunan oleat anyonları konsantrasyonunun pH 10'a göre biraz düşük olması (Leja, 1983; Somasundaran ve diğ., 1991), pH 10'a göre verimin daha düşük olacağını göstermektedir. pH 7'den sonra verimdeki artış, sistemdeki oleat anyonları konsantrasyonundaki artışa dayandırılmıştır.

Ayrıca, baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişiminin incelenmesinde de görüldüğü gibi, pH 5 ve pH 10'da selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi, gazyağının yüzey gerilimine çok yakın bir değere sahiptir. Ayrıca pH 7 ve pH 12'de kritik ıslanma yüzey gerilimi gazyağının yüzey geriliminin altına düşmekte ve dolayısıyla aglomerasyon verimi kısmen düşük olmaktadır. pH 7'de baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin daha düşük olması, yüzeye kısmen adsorbe olan oleat anyonlarının düzenindeki farklılıkla açıklanabilir (Yarar ve Aksu, 1997).

Kalsitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi Şekil 219'da verilmiştir.



Şekil 219. Kalsitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin pH'a bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik İslanma Yüzey Gerilimi).

Şekil 219'dan görüldüğü gibi, pH 10'da kalsitin aglomerasyon verimi en yüksek değerine ulaşmakta, daha düşük ve yüksek pH'larda verim azalmaktadır. pH 10'da verimin en yüksek değerine ulaşması, sistemde bulunan oleat anyonları konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle mineral yüzeyinin yeterince hidrofob olmasına dayandırılmıştır. pH 11 ve 12'de verimdeki azalma ise, yüzeye hidroksil iyonları adsorpsiyonu ile oleat anyonlarının yeterince adsorbe olamamasına dayandırılmıştır. pH 9'da aglomerasyon verimi hızlı bir şekilde azalmaktadır. Bu durum ise, kalsitin çözünmesi ile oluşan Ca^{+2} iyonları ile ortamdaki oleat anyonları arasındaki reaksiyon sonucu ortamda bulunan oleat anyonlarının Ca(OL)_2 şeklinde çökmesine dayandırılmıştır. Bilindiği gibi, asidik ortama doğru kalsitin çözünürlüğü artmaktadır. pH 9'da hem kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri hem de zeta potansiyeli değeri düşük olmasına rağmen aglomerasyon veriminin düşük olması, yukarıda belirtilen mekanizmanın doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Kalsitin zeta potansiyelinin pH'a bağılı olarak değişimi incelendiğinde, en yüksek aglomerasyon verimine yaklaşık -60 mV civarında ulaşıldığı görülmektedir. Bu bulgular, Sadowski ve Smith (1989) ve Sadowski (1991) ile uyumludur.

Kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin pH ile değişimi incelendiğinde, pH 10'da kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi, gazyağının yüzey gerilimine yakın bir değere ulaştığı görülmektedir. Bu durum, kalsit partiküllerinin pH 10'da gazyağı tarafından daha iyi ıslatılacağına bir göstergesidir.

5.1.2. Karıştırma Hızı

Düşük karıştırma hızlı proseslerde düşük kinetik kabul edilir, selülde kalma zamanı uzundur ve büyük hacimli (geniş) ekipmanlara ihtiyaç duyulur (Capes ve Darcovich, 1984).

Ayrıca, çok düşük karıştırma hızları, bağlayıcı sıvının dağılması için yeterli olamamaktadır. Partikül-partikül ve partikül-mikroaglomerat çarpışma enerjileri düşük olduğundan, aglomerasyon verimi düşmüş, hatta 1100 dev/dak karıştırma hızında selestit, 1300 dev/dak karıştırma hızında da kalsit aglomera edilememiştir.

Çok yüksek karıştırma hızlarında (özellikle 1600 dev/dak'dan daha yüksek), oluşan aglomeratların selül cidarına ve türbülans oluşturu levhalara (baffles) fazla miktarda çarpmasıyla parçalanmaya ve aglomerasyon verimi düşmeye başlamıştır.

Selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonunda optimum karıştırma hızı selestit (Şekil 15) ve barit (Şekil 30) için 1500 dev/dak, kalsit (Şekil 49) için 1600 dev/dak olarak belirlenmiştir.

5.1.3. Bağlayıcı Sıvı Cinsi ve Miktarı

Bağlayıcı sıvı miktarı arttıkça aglomerasyon verimi de artmaktadır. Düşük bağlayıcı sıvı konsantrasyonlarında, hidrofob hale gelmiş mineral partiküllerinin bağlayıcı sıvı tarafından yeterince ıslatılamaması sonucu aglomerasyon verimi

düşük olmaktadır. Bu durumda partiküller arasındaki boşlukların çoğu su ile dolmaktadır. Bağlayıcı sıvı konsantrasyonu artırıldığında, su ile dolu olan boşluklar artan oranda bağlayıcı sıvı ile kaplanmaktadır. Sonuç olarak; küresel ve kompakt aglomeratlar meydana gelmektedir. Fakat çok yüksek bağlayıcı sıvı miktarlarında oluşan aglomeratlar küresellikten uzaklaşmakta ve bir pasta görünümünü almaktadır. Bu durumda, mineral partikülleri bağlayıcı sıvı içinde dağılmakta ve eleme sırasında kısmen elek altına geçmektedir. Bu nedenle aglomerasyon verimi düşmektedir. Bu bulgular Chen (1993); Capes ve Darcovich, (1984); Kelsall ve diğ. (1987)'nin sonuçlarıyla uyumludur.

Capes ve diğ. (1974), düşük bağlayıcı sıvı miktarında oluşan aglomeratların zayıf olduğu (çabuk dağıldığı) ve katı taneler arasında flokülasyon meydana geldiğini belirtmektedir. Ayrıca, yüksek miktarda bağlayıcı sıvı kullanıldığı zaman lifli yapıda ve kompakt aglomeratların oluştuğunu belirtmektedirler.

Bu nedenle küresel özelliğin bozulmadığı ve en yüksek verimin elde edildiği gazyağı miktarları, selestit için 100 L/ton (Şekil 16), barit için 80 L/ton (Şekil 31) ve kalsit için 180 L/ton (Şekil 50) olarak belirlenmiştir.

Bağlayıcı sıvı olarak gazyağı kullanılarak optimum koşullar belirlendikten sonra, diğer bir bağlayıcı sıvı olan n-Heptane ile yapılan deneylerin sonuçlarına bakıldığında; gazyağında olduğu gibi belirli bir bağlayıcı sıvı miktarına kadar aglomerasyon verimi yükselmiş ve daha sonra verim azalmaya başlamıştır.

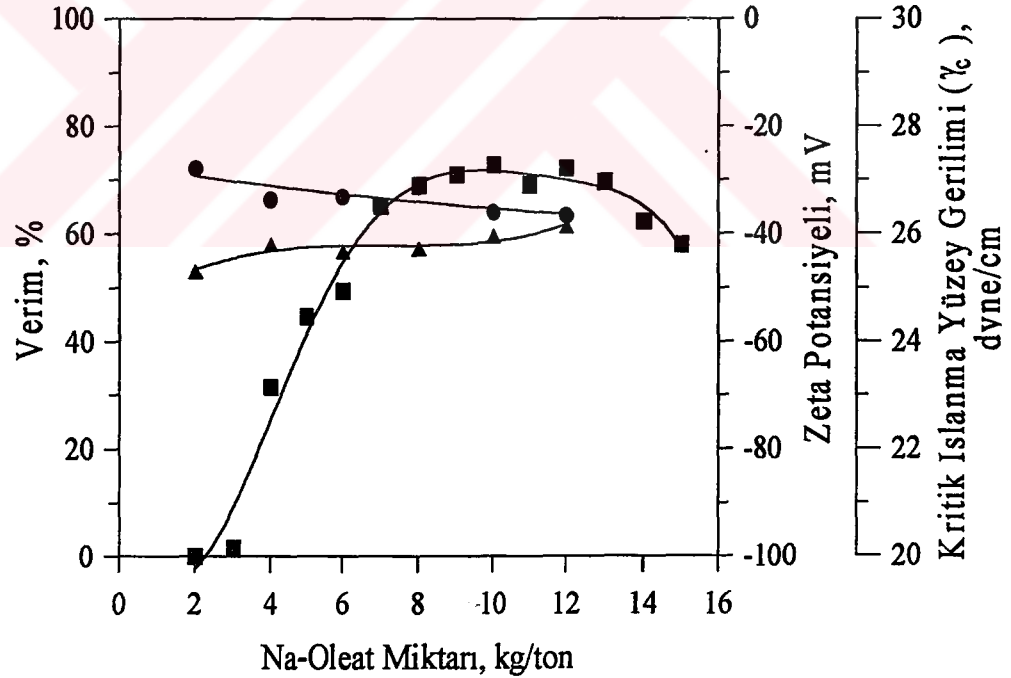
Bu nedenle, n-Heptane kullanıldığında küresel özelliğin bozulmadığı ve maksimum verimin elde edildiği miktarlar selestit için 100 L/ton (Şekil 22), barit için (Toplayıcı olarak 3 kg/ton Na-Oleat ve 9 kg/ton Na-DDS kullanıldığında da) 90 L/ton (Şekil 39 ve Şekil 41) ve kalsit için 160 L/ton (Şekil 56) olarak belirlenmiştir.

Mehrotra ve diğ. (1983); Sarkar ve diğ. (1976)'na göre, iyi bir bağlayıcı sıvının yoğunluğunun $0,7-0,85 \text{ gr/cm}^3$ aralığında ve yüzey geriliminin 30 dyne/cm civarında olması gerektiği belirtilmektedir. Genel olarak bakıldığında, yoğunluğu $0,78 \text{ gr/cm}^3$ ve yüzey gerilimi $25,95 \text{ dyne/cm}$ olan gazyağının, yoğunluğu $0,684 \text{ gr/cm}^3$ ve yüzey gerilimi $20,68 \text{ dyne/cm}$ olan n-Heptane göre daha iyi bir bağlayıcı

sıvı olduğu bulunmuştur. Ayrıca, Chen (1993), gazyağının uygun viskozitesi (1,17 mPa.s, 38 °C'de) ve moleküler ağırlığı nedeniyle iyi bir bağlayıcı sıvı olduğunu belirtmektedir.

5.1.4. Toplayıcı Cinsi ve Miktarı

Toplayıcı olarak Na-Oleat kullanılarak yapılan aglomerasyon deneylerinde optimum toplayıcı miktarı selestit için 10 kg/ton, barit için 3 kg/ton olarak bulunmuştur. Selestitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 220'de verilmiştir.



Şekil 220. Selestitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik Islanma Yüzey Gerilimi).

Şekil 220'den görüldüğü gibi, Na-Oleat miktarı arttıkça selestitin aglomerasyon verimi de artmaktadır. Ancak, bu değerden sonra verim azalmaya

başlamıştır. Düşük Na-Oleat miktarlarında verimdeki düşüş, mineral yüzeyinin yeterince hidrofob yapılamamasına, çok yüksek miktarlarda verimdeki azalma ise, toplayıcının misel oluşturmaya başlamasına dayandırılmıştır. Ancak, verim değerlerinin çok yüksek olmaması, jipsin çözünmesinden dolayı ortamda bulunan Ca^{+2} iyonları ile oleat anyonlarının reaksiyonu sonucu oluşan Ca(OL)_2 'ın çökmesine dayandırılmıştır. Sistemdeki Ca^{+2} iyonları konsantrasyonu, Na-Oleat ilavesinden sonra 170,95 ppm'den 145,88 ppm'e düşmüştür (EK-4).

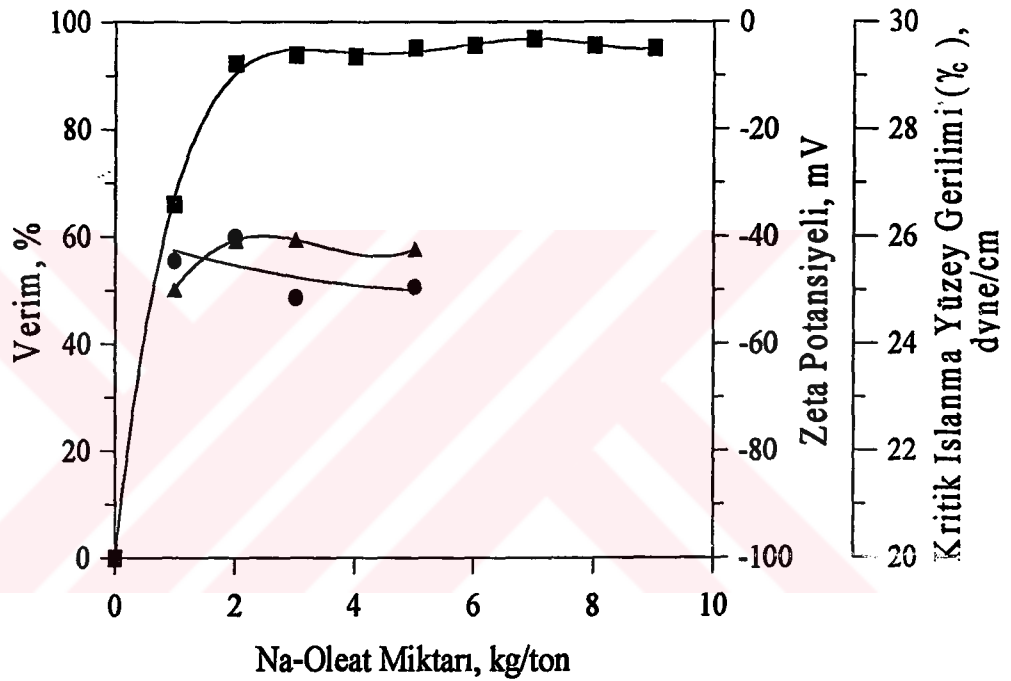
Ayrıca, Şekil 220'den de görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-Oleat miktarı yükseldikçe selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi yükselmekte ve en yüksek verimin elde edildiği 10 kg/ton Na-Oleat miktarında, gazyağının yüzey gerilimine hemen hemen eşit olmaktadır. Daha düşük Na-Oleat miktarlarında selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi, gazyağının yüzey geriliminden daha düşük olduğundan, selestit gazyağı tarafından ıslatılamayacağı için aglomerasyon verimi düşecektir. Düşük Na-Oleat miktarlarında selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin daha düşük olması, selestitin daha hidrofob olduğunu göstermektedir. Bu durum, yüzeye kısmen adsorplanan oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Selestitin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimine bakıldığında Na-Oleat miktarı arttıkça zeta potansiyeli daha negatif olmuştur. Bu sonuç, Matijevic ve diğ. (1966); Nemeth ve Matijevic (1971); Gonzales-Cabellero ve diğ. (1989); Martinez ve Ruribe (1995)'nin sonucuyla uyushmaktadır. Yaklaşık olarak, selestitin zeta potansiyeli -36 mV olduğunda aglomerasyon verimi optimum olmuştur.

EK-5A'da verilen, selestitin FTIR grafiğine bakıldığında; 650, 991,3 ve 1093,6 cm^{-1} 'de, 600-1100 cm^{-1} arasında titreşim pikleri veren sülfat gruplarına ait pikler görülmüştür. Ayrıca, EK-5B'de verilen, selestit ve Na-Oleat'ın FTIR grafiği incelendiğinde, yine selestitte görülen ve 600-1100 cm^{-1} aralığında titreşim pikleri veren sulfonil ve sülfat gruplarına ait pikler; 2852 ve 2924 cm^{-1} 'de, oleatın yapısında bulunan ve 3000-3200 cm^{-1} aralığında pikler veren C-H pikleri; 1600-1650 cm^{-1} aralığında pikler veren C=C pikleri; 3271 cm^{-1} 'de ise, 3400-3600 cm^{-1}

aralığında pikler veren -OH gruplarına ait pikler görülmektedir. Bu sonuçlara göre; Na-Oleat selestit yüzeyine kimyasal adsorpsiyon yaparak tutunmaktadır. Elde edilen sonuçlar Martinez ve Uribe (1995)'in sonuçlarıyla uyusmaktadır.

Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 221'de verilmiştir.



Şekil 221. Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik Islanma Yüzey Gerilimi).

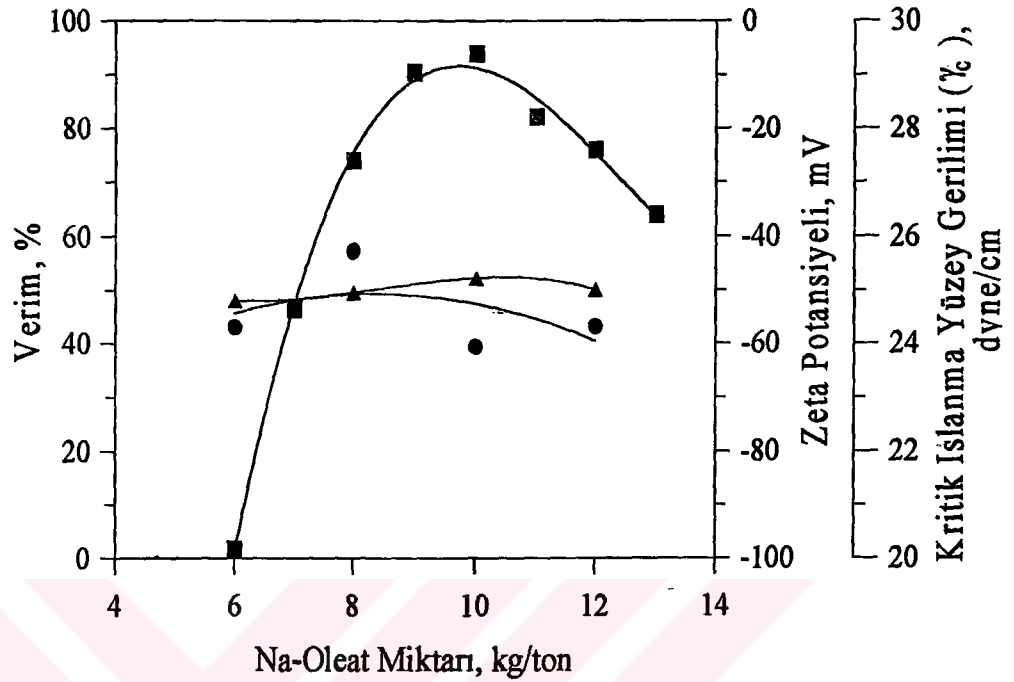
Şekil 221'den görüldüğü gibi, Na-Oleat miktarı arttıkça baritin aglomerasyon verimi de artmış ve 3 kg/ton miktarından sonra çok fazla bir değişme gözlenmemiştir. Düşük Na-Oleat miktarlarında verimdeki düşüş, mineral yüzeyinin yeterince hidrofob yapılamamasına, çok yüksek miktarlarda verimde fazla değişme olmaması ise, mineral yüzeyine adsorplanan oleat anyonlarının çoklu tabakalar şeklinde yüzeye adsorplanmaya devam etmesine dayandırılmıştır. Ayrıca, ortamda Ca^{+2} iyonlarının çok az olması nedeniyle çok yüksek verimlere ulaşılabilmiştir (EK-4).

Ayrıca, Şekil 221'den görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-Oleat miktarı yükseldikçe baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi yükselmekte ve optimum verimin elde edildiği 3 kg/ton Na-Oleat miktarında, gazyağının yüzey gerilimine hemen hemen eşit olmaktadır. Düşük Na-Oleat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi, gazyağının yüzey geriliminden daha düşük olduğundan, barit tanecikleri gazyağı tarafından ıslatılamamış ve dolayısıyla aglomerasyon verimi düşmüştür. Düşük Na-Oleat miktarlarında baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin daha düşük olması, baritin daha hidrofob olduğunu göstermektedir ve bu durum, yüzeye kısmen adsorplanan oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Baritin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimine bakıldığında, Na-Oleat miktarı arttıkça zeta potansiyeli daha negatif olmuştur. Bu sonuç, Matijevic ve diğ. (1966); Nemeth ve Matijevic (1971); Sadowski ve Smith (1989); Sadowski (1991); Sadowski (1994)'in sonucuyla uyusmaktadır. Yaklaşık olarak, baritin zeta potansiyeli -50 mV olduğunda aglomerasyon verimi optimum olmuştur.

EK-6A'da verilen, baritin FTIR grafiğine bakıldığında; 600-1100 cm^{-1} arasında değişen titreşim pikleri veren sülfat gruplarına ait pikler görülmektedir. Ayrıca, EK-5B'de verilen, barit ve Na-Oleat'ın FTIR grafiği incelendiğinde, yine baritte görülen ve 600-1100 cm^{-1} aralığında titreşim pikleri veren sulfonil ve sülfat gruplarına ait pikler; Na-Oleatın yapısında bulunan ve 3000-3200 cm^{-1} aralığında pikler veren C-H pikleri; 1600-1650 cm^{-1} aralığında C=C pikleri; 3400-3600 cm^{-1} aralığında pikler veren -OH gruplarına ait pikler görülmektedir. Bu sonuçlara göre; Na-Oleat baritin yüzeyine kimyasal adsorpsiyon yaparak tutunmaktadır.

Kalsitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 222'de verilmiştir.



Şekil 222. Kalsitin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-Oleat miktarına bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik Islanma Yüzey Gerilimi).

Şekil 222'den görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-Oleat miktarı arttıkça kalsitin aglomerasyon verimi de artmaktadır. Ancak, en yüksek verimin elde edildiği 10 kg/ton miktarından sonra verim azalmaya başlamıştır. Düşük Na-Oleat miktarlarında verimin düşük olması, mineral yüzeyinin yeterince hidrofob yapılamamasına, çok yüksek miktarlarda verimdeki azalma ise, toplayıcının misel oluşturmaya başlamasına dayandırılmıştır. Ancak, verim değerlerinin çok yüksek olmaması, ortamda bulunan Ca^{+2} iyonları ile oleat anyonlarının reaksiyonu sonucu oluşan Ca(OL)_2 'in çökmesine dayandırılmıştır.

Ayrıca, Şekil 222'den de görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-Oleat miktarı yükseldikçe kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi yükselmekte ve en yüksek verimin elde edildiği 10 kg/ton Na-Oleat miktarında, gazyağının yüzey gerilimine en yakın değerine ulaşmaktadır. Düşük Na-Oleat miktarlarında kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi, gazyağının yüzey geriliminden daha düşük olduğundan

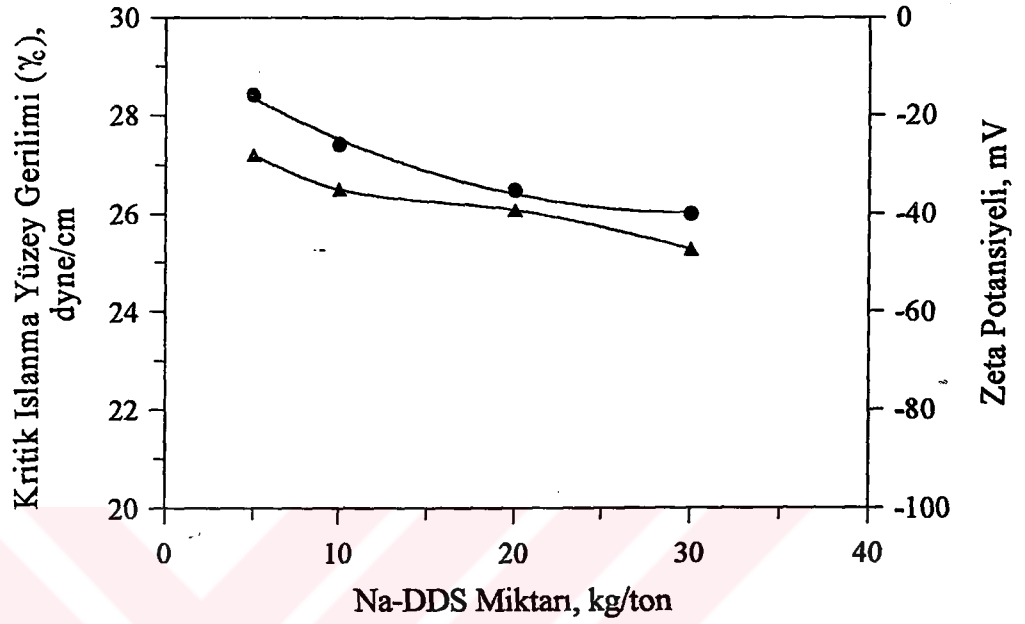
kalsit, gazyağı tarafından ıslatılamamış ve aglomerasyon verimi düşmüştür. Düşük Na-Oleat miktarlarında kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin daha düşük olması, kalsitin daha hidrofob olduğunu göstermektedir. Bu durum yine diğer minerallerde olduğu gibi, yüzeye kısmen adsorplanan oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Kalsitin zeta potansiyelinin Na-Oleat miktarı ile değişimi incelendiğinde, optimum Na-Oleat miktarında kalsitin zeta potansiyeli en negatif değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, Matijevic ve diğ. (1966); Nemeth ve Matijevic (1971); Sadowski ve Smith (1989); Sadowski (1991); Sadowski (1994);'in sonucuyla uyushmaktadır. Yaklaşık olarak, kalsitin zeta potansiyeli -60 mV olduğunda aglomerasyon verimi optimum olmuştur.

EK-7A'da verilen, kalsitin FTIR grafiğine bakıldığında, $854,4$ ve $875,6$ cm^{-1} 'de, $860-880$ cm^{-1} aralığında ve 2513 cm^{-1} 'de pikler veren karbonata ait pikleri görölmektedir. Ayrıca, EK-7B'de verilen, kalsit ve Na-Oleat'ın FTIR grafiği incelendiğinde, 2873 cm^{-1} 'de, $2800-32000$ cm^{-1} aralığında pikler veren C-H piki; $3400-3650$ cm^{-1} aralığında pikler veren $-\text{OH}$ gerilme pikleri, $400-1700$ cm^{-1} aralığında pikler veren karboksilik aside ait pikler görölmektedir. Bu sonuçlara göre; Na-Oleat kalsitin yüzeyine kimyasal adsorpsiyon yaparak tutunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, Young ve Miller (2000)'in sonuçlarıyla uyushmaktadır.

Na-Oleat kullanılarak optimum koşullar belirlendikten sonra, toplayıcı olarak Na-DDS ile yapılan deneylerde, selestit ve kalsit aglomera edilememiş, sadece barit aglomera edilebilmiştir.

Selestitin zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağılı olarak değişimi Şekil 223'de verilmiştir.



Şekil 223. Selestitin zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi (●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik İslanma Yüzey Gerilimi).

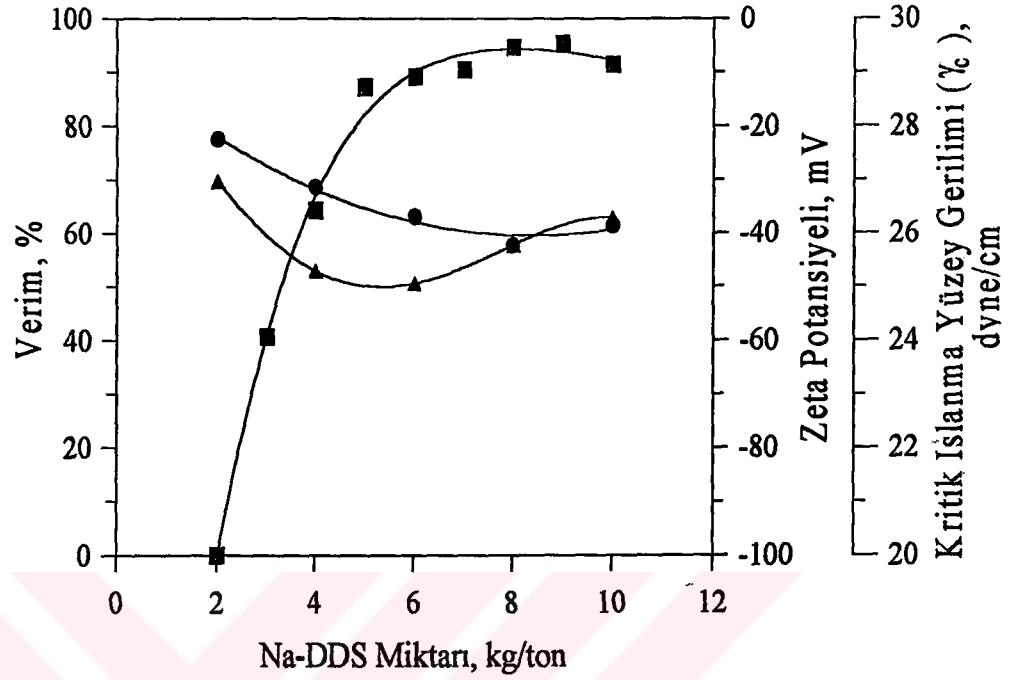
Şekil 223'den görüldüğü gibi, Na-DDS miktarı arttıkça, selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi azalmaktadır. 30 kg/ton Na-DDS miktarına kadar selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi, gazyağının yüzey geriliminden yüksek olmasına rağmen gazyağı tarafından ıslatılıp, aglomerat elde edilememiştir. Na-DDS miktarı arttıkça selestitin kritik ıslanma yüzey geriliminin düşmeye devam etmesi, hidrofobluğunun arttığını göstermektedir. 30 kg/ton Na-DDS miktarında ise selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi gazyağının yüzey geriliminden daha düşük olduğu, yani selestit partikülleri gazyağı tarafından ıslatılamayacağından aglomerat elde edilememiştir.

Ayrıca, Şekil 223'den görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-DDS miktarı arttıkça selestitin zeta potansiyeli düşmeye devam etmiştir. Bu sonuç, Gonzales-Cabellero ve diğ. (1989); Lopez-Valdivieso (2000)'nun sonucuyla uyusmaktadır. Optimum Na-Oleat miktarındaki selestitin zeta potansiyeli yaklaşık -36 mV olmuştur ve Na-DDS ile değişimine baktığımızda, 20 kg/ton Na-DDS miktarında

da zeta potansiyeli -30 mV civarlarında olmasına rağmen aglomerat elde edilememiştir. Selestitin hem kritik ıslanma yüzey gerilimi hem de zeta potansiyeli değerlerinin Na-DDS miktarı ile değişimlerini dikkate alarak neden aglomerat elde edilemediğini açıklamak mümkün görülmemektedir. Ancak, aglomerat elde edilememesi, Sr-DDS'in çözünürlüğünün yüksek olmasına ve dolayısıyla, yüzeyin yeterince hidrofob yapılamamasına dayandırılmıştır. Selestitin, Na-DDS ile aglomera edilememesi büyük ölçüde ortamda bulunan katyonlarla (Ca^{+2} , Mg^{+2}) bileşik oluşturarak çökmesine de dayandırılmıştır.

EK-5C'de verilen, selestit ve Na-DDS'in FTIR grafiği incelendiğinde, yine selestitte görülen 650 , $989,4$ ve $1095,5$ cm^{-1} 'de sülfonil ve sülfat gruplarına ait titreşim pikleri; $1660,6$ cm^{-1} 'de, DDS'de bulunan $-\text{SO}_2$ 'ye ait titreşim piki; 2852 - 2920 cm^{-1} aralığında, DDS'de bulunan C-H'a ait pikler; 3000 - 3200 cm^{-1} aralığında, DDS'in O-CH pikleri; 3400 - 3600 cm^{-1} aralığında, $-\text{OH}$ pikleri görülmektedir. Bu sonuçlara göre; Na-DDS selestit yüzeyine kimyasal adsorpsiyon yaparak tutunmaktadır. Elde edilen bulgular, Lopez-Valdivieso ve diğ. (2000)'nın sonuçlarıyla uyusmaktadır.

Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 224'de verilmiştir.



Şekil 224. Baritin aglomerasyon verimi, zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi (■: Verim; ●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik İslanma Yüzey Gerilimi).

Şekil 224'den görüldüğü gibi, Na-DDS miktarı arttıkça baritin aglomerasyon verimi de artmış ve 9 kg/ton miktarından en yüksek verime ulaşılmıştır. Daha yüksek toplayıcı miktarında verim düşmüştür. 2 kg/ton Na-DDS miktarında aglomerat elde edilememesi, mineral yüzeyinin yeterince hidrofob yapılamamasına, çok yüksek miktarlarda verimin fazla değişmemesi, Na-DDS'ın adsorpsiyon yoğunluğunun artmasına dayandırılmıştır.

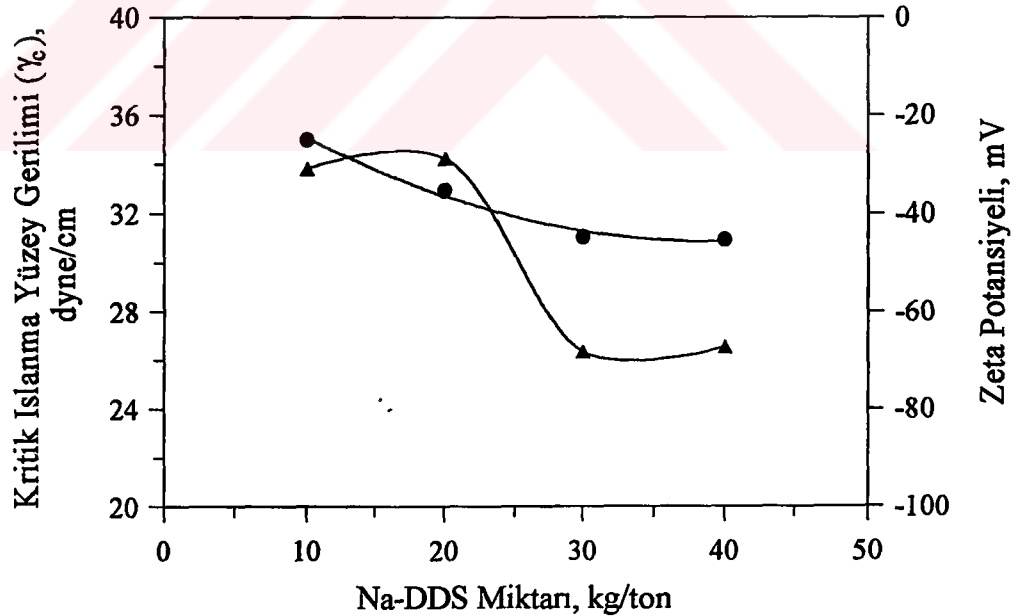
Ayrıca, Şekil 224'den görüldüğü gibi, sisteme ilave edilen Na-DDS miktarı yükseldikçe baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi önce düşmüş, daha sonra optimum Na-DDS miktarında ise gazyağının yüzey gerilimine yakın bir değere ulaşmıştır. Na-DDS miktarına bağlı olarak baritin kritik ıslanma yüzey gerilimindeki değişimler, yüzeye adsorplanan anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır (Yarar ve Aksu, 1997).

Yine Şekil 224'den görüldüğü gibi, Na-DDS miktarı arttıkça baritin zeta potansiyeli değeri daha negatif olmakta ve optimum Na-DDS miktarında -40 mV

civarında olmaktadır. Bu sonuç, Matijevic ve diğ. (1966); Nemeth ve Matijevic (1971); Sadowski (1994)'in sonucuyla uyumaktadır.

EK-6C'de verilen, barit ve Na-DDS'ın FTIR grafiği incelendiğinde, yine baritte görülen ve $600-1100\text{ cm}^{-1}$ aralığında titreşim pikleri veren sulfonil ve sülfat gruplarına ait pikler; $1660,6\text{ cm}^{-1}$ 'de, DDS'de bulunan SO_2 'ye ait titreşim piki; $2852-2920\text{ cm}^{-1}$ aralığında, DDS'de bulunan C-H'a ait pikleri; $3000-3200\text{ cm}^{-1}$ 'de, DDS'de bulunan O-CH pikleri; $3400-3600\text{ cm}^{-1}$ aralığında $-\text{OH}$ pikleri görülmektedir. Bu sonuçlara göre; Na-DDS, baritin yüzeyine kimyasal olarak adsorplanmaktadır. Elde edilen sonuçlar, Sadowski (1994) ile uyumaktadır.

Kalsitin zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 225'de verilmiştir.



Şekil 225. Kalsitin zeta potansiyeli ve kritik ıslanma yüzey geriliminin Na-DDS miktarına bağlı olarak değişimi (●: Zeta Potansiyeli; ▲: Kritik Islanma Yüzey Gerilimi).

Şekil 225'den görüldüğü gibi, Na-DDS miktarı arttıkça, kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi azalmaktadır. Bütün miktarlarda kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi gazyağının yüzey geriliminden yüksek olmasına rağmen aglomerat elde edilememiştir.

Aynı şekilde Na-DDS miktarı ile kalsitin zeta potansiyel değişimine bakıldığında, zeta potansiyeli -25 mV ile -45 mV arasında değişmektedir. Fakat Na-Oleat ile yapılan deneylerde en yüksek verime ulaşıldığında zeta potansiyeli -60 mV civarında gerçekleşmiştir. Bu nedenle, Na-DDS kullanarak Na-Oleat ile ulaşılan zeta potansiyeli değerine ulaşılamamıştır. Sonuç olarak, Na-DDS kullanarak kalsit aglomera edilememiştir. Kalsitin aglomera edilememesi, Ca-DDS'nin çözünürlüğünün yüksek olmasına ve dolayısıyla yüzeyin yeterince hidrofob yapılamamasına dayandırılmıştır. Kalsitin, Na-DDS ile aglomera edilememesi büyük ölçüde ortamda bulunan katyonlarla (Ca^{+2} , Mg^{+2}) DDS'nin bileşik oluşturarak çökmesine de dayandırılmıştır.

EK-7C'de verilen kalsit ve Na-DDS'in FTIR grafiği incelendiğinde, 600-1100 cm^{-1} aralığında pikler veren ve DDS'in sulfonil grubuna ait pikler; 2873 ve 3000 cm^{-1} 'de, 2800-3200 cm^{-1} aralığında pikler veren ve DDS'in CH gruplarına ait pikler; 3400-3650 cm^{-1} aralığında pikler veren -OH gerilme pikleri görülmektedir. Bu sonuçlara göre; Na-DDS kalsitin yüzeyine kimyasal adsorpsiyon yaparak tutunmaktadır.

Sadowski (1994) de, kalsit ve barit ile yaptığı yağ aglomerasyonu çalışmasında Na-DDS kullanılmış, fakat kalsit yüzeyinde Ca-DDS meydana gelmediğinden kalsitin aglomera edilemediğini, barit yüzeyinde ise Ba-DDS olduğundan dolayı aglomerat elde edebildiğini ifade etmiştir.

Sadowski (1993)'e göre, tuz tipi minerallerin yağ aglomerasyonu için kritik bir toplayıcı konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konsantrasyon, kullanılan toplayıcının hidrokarbon zincir uzunluğuna göre değişmektedir. Selestit ve kalsit için Na-Oleat miktarı 10 kg/ton, barit için 3 kg/ton olarak bulunmuştur.

Çoğunlukla flotasyon için kullanılan kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin aglomerasyonun başarının ifade etmede kesin kurallar ortaya konamamıştır. Bu durum, sistemde kullanılan farklı sıvı fazlarının (su, gazyağı) varlığından dolayıdır.

5.1.5. Katı Oranı

Selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonunda optimum katı oranı %5 olarak bulunmuştur (sırasıyla Şekil 18, Şekil 33 ve Şekil 52).

Düşük katı oranlarında tanecikler birbirleriyle yeterince çarpışmadığından aglomerat boyutu, dolayısıyla aglomerasyon verimi düşük olmuştur. %5 katı oranında ise aglomeratlar birbirleriyle yeterince çarpışmakta, aglomerat boyutu ve verim artmaktadır. Daha yüksek katı oranlarında ise, aglomeratların birbirlerine, beherin cidarına ve aglomera olmamış taneciklere çarpması sonucu parçalanmakta ve aglomerasyon verimi düşmektedir. Bu bulgular Cebeci (1996) ile uyumludur.

5.1.6. Kondisyon Süresi

Kondisyon süresi ile aglomerasyon veriminin değişimi incelendiğinde; kondisyon süresi arttıkça baritin (Şekil 36) ve kalsitin (Şekil 55) aglomerasyon verimi çok fazla değişmez iken, selestitin aglomerasyon verimi, 5 dak kondisyon süresine kadar yükselmeye devam etmiştir (Şekil 21).

Selestitin aglomerasyon veriminin kondisyon süresine bağlı olarak artması, selestit konsantresi içinde bulunan jips minerallerinin kondisyon süresi arttıkça selestit yüzeyinden uzaklaşmasına ve daha iyi bir oleat anyonu adsorpsiyonunun sağlanmasına dayandırılmıştır.

5.1.7. Toplayıcı Karıştırma Süresi

Toplayıcı karıştırma süresi selestit, barit ve kalsit için 1 dak (sırasıyla Şekil 20, Şekil 35, Şekil 54) yeterli olmuştur. Toplayıcı karıştırma arttıkça selestit ve

kalsitin aglomerasyon verimi azalmaya başlamış, baritin aglomerasyon veriminde ise fazla değişme olmamıştır.

Baritin aglomerasyon veriminin, toplayıcı karıştırma süresinin artmasıyla çok fazla değişmemesi, barit yüzeyine kimyasal olarak adsorplanan toplayıcı moleküllerinin mineral yüzeyinden uzaklaşmamasına dayandırılmıştır. Selestit ve kalsit ile yapılan deneylerde toplayıcı karıştırma süresine bağlı olarak verimdeki azalma, yüzeye zayıf olarak adsorplanan toplayıcı moleküllerinin reaktif karıştırma süresinin artmasıyla mineral yüzeyinden uzaklaşmasına ve mineral yüzeyinin hidrofobluğunun kısmen azalmasına dayandırılmıştır.

5.1.8. Aglomerasyon Süresi

Bağlayıcı sıvı olarak gazyağı kullanıldığında, aglomerasyon süresi arttıkça her üç mineral içinde verim artmıştır. Optimum aglomerasyon süresi selestit (Şekil 19), ve kalsit (Şekil 53) için 5 dak olarak bulunmuştur. Ancak, barit için toplayıcı olarak Na-Oleat kullanıldığında 2 dak (Şekil 34), Na-DDS kullanıldığında 5 dak (Şekil 38) aglomerasyon süresi yeterli olmaktadır.

Çok düşük aglomerasyon sürelerinde, bağlayıcı sıvının sistem içinde dağılmasının yetersiz olması ve mineral tanelerin yüzeyine yeterince yayılmaya zaman bulamaması nedeniyle, hidrofob hale getirilmiş taneler yeterince yağ fazına alınamadığından dolayı aglomerasyon verimleri düşük olmuştur. Ayrıca, düşük aglomerasyon sürelerinde partikül-partikül, partikül-mikroaglomerat ve mikroaglomerat-mikroaglomerat arasındaki kontaklar yetersiz olmaktadır.

Aglomerasyon süresi arttıkça, partikül-partikül, partikül-mikroaglomerat ve mikroaglomerat-mikroaglomerat arasındaki çarpışma olasılığı artmakta ve böylece aglomeratlar sıkışmakta ve küresel şekil almaktadır.

Özellikle selestit ve kalsit ile yapılan deneylerde, yüksek aglomerasyon zamanlarında verimde azalmalar meydana gelmektedir. Bu durum, aglomeratların birbirleriyle, beherin cidarıyla ve aglomera olmamış taneciklerle çarpışarak parçalanmasına dayandırılmıştır. Barit için ise, 2 dak aglomerasyon süresinden

sonra aglomerasyon veriminde önemli bir değişme olmamıştır. Bu durum, oluşan aglomeratların çok sağlam olduğunu ve mekanik kuvvetlere karşı daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Bağlayıcı sıvı olarak n-Heptane kullanıldığında, kalsit için 2 dak (Şekil 57), selestit için 3 dak (Şekil 23) aglomerasyon süresinin yeterli olduğu bulunmuştur. Barit için ise, toplayıcı olarak Na-Oleat kullanıldığında 2 dak (Şekil 40), Na-DDS kullanıldığında 4 dak (Şekil 42) aglomerasyon süresinin optimum olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, optimum koşullarda elde edilen aglomeratların elek analizi sonuçları EK-8'deki grafikte verilmiştir.

Yukarıda gazyağı için açıklanan mekanizmalar n-Heptane için de geçerlidir.

5.1.9. Bastırıcılar

Selestit, barit ve kalsitin yağ aglomerasyonunda bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebrachonun verim üzerindeki etkileri ayrı ayrı tartışılmıştır.

5.1.9.1. Sodyum Silikat

Selestitin aglomerasyon verimi (Şekil 24) ve kritik ıslanma yüzey geriliminin sodyum silikat miktarı ile değişimi (Şekil 107) incelendiğinde, sodyum silikat miktarı arttıkça aglomerasyon verimi düşmekte ve aglomerasyon veriminin sıfır olduğu sodyum silikat miktarında, selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri, bağlayıcı sıvı olan gazyağının yüzey geriliminden az da olsa daha düşük olmaktadır.

Deneylerin yapıldığı pH 7'de ortamda baskın bulunan silikat bileşikler $\text{Si}(\text{OH})_4(\text{aq})$ ve $\text{SiO}(\text{OH})_3^-$ dir (Lagerstrom, 1959; Arbiter, 1985). Bu bileşiklerin selestit yüzeyine adsorbe olması, oleat anyonlarının selestit yüzeyine adsorpsiyonunu engellemektedir. Sisteme ilave edilen sodyum silikat miktarı arttıkça yüzey daha fazla negatif şarj kazanmakta ve yüzeye adsorbe olan oleat anyonlarının miktarı azalmaktadır. 0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında

aglomerasyon verimi sıfır olmaktadır. Ancak, sisteme ilave edilen sodyum silikat miktarı arttıkça selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin düşerek daha hidrofob olması, oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Baritin aglomerasyon verimi, sisteme ilave edilen sodyum silikat miktarı arttıkça düşmektedir (Şekil 43). Kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinde ise, sodyum silikat miktarına bağlı olarak önemli bir değişiklik olmamaktadır (Şekil 146). Deneylerin yapıldığı pH 10'da ortamda $\text{Si(OH)}_{4(\text{aq})}$, SiO(OH)_3^- ve $\text{SiO}_2(\text{OH})_2^{-2}$ bileşikler mevcuttur (Lagerstrom, 1959; Arbiter, 1985). Bu bileşiklerin barit yüzeyine adsorbe olması, oleat anyonlarının barit yüzeyine adsorpsiyonunu engellemekte ve aglomerasyon verimi düşmektedir. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu 36 kg/ton sodyum silikat miktarında baritin kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri gazyağının yüzey geriliminden yüksek olmasına rağmen aglomerat elde edilememiştir.

Kalsitin aglomerasyon verimi (Şekil 58) ve kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin sodyum silikatın miktarı ile değişimini (Şekil 188) incelendiğinde, sodyum silikat miktarı arttıkça aglomerasyon veriminin düştüğü ve sıfır olduğunda kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi gazyağının yüzey geriliminden daha düşük olduğu görülmektedir. Yine baritte olduğu gibi, deneylerin yapıldığı pH 10'da ortamda $\text{Si(OH)}_{4(\text{aq})}$, SiO(OH)_3^- ve $\text{SiO}_2(\text{OH})_2^{-2}$ bileşikler mevcuttur (Lagerstrom, 1959; Arbiter, 1985). Bu bileşiklerin kalsit yüzeyine adsorbe olması, oleat anyonlarının kalsit yüzeyine adsorpsiyonunu engellemekte ve aglomerasyon verimi düşmektedir ancak, oleat anyonlarının düzenindeki farklılıktan dolayı kritik ıslanma yüzey gerilimi fazla değişmemiştir.

Marinakis ve Shergold (1985-b)'un yaptığı çalışmada, silikat anyonları kalsitin yüzeyine baritin yüzeyinden çok daha fazla miktarda adsorbe olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, sodyum silikat ile bariti bastırabilmek için 38 kg/ton sodyum silikat gerekirken, kalsiti bastırmak için 1,8 kg/ton sodyum silikat yeterli olmaktadır. Selestit, barit ve kalsitin aglomerasyon verimlerinin sodyum silikat

miktarına karşı değişimleri incelendiğinde sodyum silikattan en fazla selestit, en az ise barit etkilenmiştir.

5.1.9.2. Sitrik Asit

Selestitin aglomerasyon veriminin sitrik asit miktarı ile değişimi (Şekil 25) incelendiğinde, sisteme ilave edilen sitrik asit miktarı arttıkça aglomerasyon veriminin düştüğü görülmektedir. Verimdeki bu azalma, sitrik asit moleküllerinin mineral yüzeyindeki Sr^{+2} iyonları ile negatif şarjlı şelat (chelating) kompleksleri oluşturması sonucu oleat anyonlarının selestit yüzeyine adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır (Leja, 1983; Yuehua ve Dianzuo, 1991). Ancak, oleat anyonlarının düzenindeki farklılıktan dolayı kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri düşük olmuştur (Şekil 111).

Baritin aglomerasyon verimi (Şekil 44) ve kritik ıslanma yüzey geriliminin sitrik asit miktarı ile değişimi (Şekil 151) incelendiğinde, sisteme ilave edilen sitrik asit miktarı arttıkça verim düştüğü ve kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin dar bir aralıkta olmak üzere çok az değiştiği görülmektedir. Verimdeki azalma selestitte olduğu gibi, sitrik asit moleküllerinin mineral yüzeyindeki Ba^{+2} iyonları ile negatif şarjlı şelat kompleksleri oluşturması sonucu oleat anyonlarının barit yüzeyine adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır (Leja, 1983; Yuehua ve Dianzuo, 1991).

Kalsitin aglomerasyon verimi (Şekil 59) ve kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin sitrik asit miktarı ile değişimi (Şekil 193) incelendiğinde, sitrik asit miktarı arttıkça aglomerasyon veriminin düştüğü ve kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin, gazyağının yüzey gerilimden düşük olduğu görülmektedir. Selestit ve baritte olduğu gibi, sitrik asit moleküllerinin mineral yüzeyindeki Ca^{+2} iyonları ile negatif şarjlı şelat kompleksleri oluşturması ve oleat anyonlarının kalsit yüzeyine adsorpsiyonunun azalması sonucu verim düşmüştür. (Leja, 1983; Yuehua ve Dianzuo, 1991). Sitrik asit miktarı arttıkça yüzeye adsorbe olan oleat anyonu

miktarı azalmış ancak, oleat anyonlarının düzenindeki farklılıktan dolayı kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri fazla değişmemiştir.

Sitrik asitten en fazla selestit, en az ise barit etkilenmiştir.

5.1.9.3. Dekstrin

Selestitin aglomerasyon veriminin dekstrin miktarı ile değişimi (Şekil 26) incelendiğinde, aglomerasyon veriminin 0,3 kg/ton dekstrin miktarına kadar verimde önemli bir değişimin olmadığı, daha yüksek dekstrin miktarında ise aglomerasyon veriminin düştüğü görülmektedir. Ayrıca, kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin dekstrin miktarı ile değişiminde (Şekil 115), kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri dar bir aralıkta değişim göstermiştir.

Baritin aglomerasyon veriminin dekstrin miktarı ile değişimi (Şekil 45) incelendiğinde, sisteme ilave edilen dekstrin miktarı arttıkça verimin düştüğü ancak, kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin (Şekil 157) dar bir aralıkta olmak üzere çok az değiştiği görülmektedir. Dekstrin miktarı artırıldıkça oleat anyonlarının yüzeye tutunması azalmış ancak, oleat anyonlarının düzenindeki farklılıktan dolayı kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri fazla değişmemiştir.

Kalsitin aglomerasyon veriminin dekstrin miktarı ile değişimi (Şekil 60) incelendiğinde, 0,1 kg/ton dekstrin miktarına kadar verimin fazla değişmediği, daha yüksek dekstrin miktarlarında ise aglomerasyon veriminin düştüğü görülmektedir. Ayrıca, kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin dekstrin miktarı ile değişiminden (Şekil 197), gazyağının yüzey gerilimden daha düşük olduğu görülmektedir. Dekstrin miktarı arttıkça yüzeye adsorbe olan oleat anyonu miktarı azalmış ancak, kritik ıslanma yüzey geriliminin düşmesi, oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Literatürde dekstrinin ve nişastanın mineral yüzeyi ile etkileşimine ilişkin net bir mekanizma mevcut değildir. Ancak, bunların organik bileşikler olduğu ve mineral yüzeyleriyle etkileşiminde elektrostatik çekim kuvvetlerinin, hidrojen bağının ve mineral yüzeyindeki metal iyonlarıyla spesifik kimyasal etkileşimlerin

olduğu belirtilmektedir (Fuerstenau and Herrera-Urbine, 1989; Arbiter, 1985). Her üç mineral için verimdeki azalma yukarıda belirtilen etkileşimler sonucu mineral yüzeyine oleat anyonlarının adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır.

Dekstrinden en fazla selestit, en az ise barit etkilenmiştir.

5.1.9.4. EDTA

Selestitin aglomerasyon veriminin EDTA miktarı ile değişimi (Şekil 27) incelendiğinde, sisteme ilave edilen EDTA miktarı arttıkça aglomerasyon verimi %78,67'den %8,47'ye yükseldiği, daha yüksek EDTA miktarlarında ise verim düştüğü görülmektedir. Ayrıca, kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin EDTA miktarı ile değişimi (Şekil 119) incelendiğinde, EDTA miktarı arttıkça kritik ıslanma yüzey gerilimi değeri yükselmiş ve gazyağının yüzey gerilimi değerinin üzerinde bulunmuştur. Düşük EDTA miktarlarında verimdeki yükselme, selestitin içerisinde bulunan ve çözünürlüğü daha yüksek olan jipsten sisteme geçen Ca^{+2} iyonları ile EDTA'nın şelat kompleksleri oluşturarak, selestit yüzeyine adsorbe olacak oleat anyonlarının miktarını artmasına dayandırılmıştır. Ancak, daha yüksek EDTA miktarlarında, EDTA molekülleri selestitin yüzeyindeki Sr^{+2} iyonları ile şelat oluşturması, oluşan bu komplekslerin yüzeyde kalması ve/veya Sr^{+2} kationlarının kompleksler halinde yüzeyden uzaklaştırmasıyla daha negatif bir yüzey oluşması sonucu, oleat anyonlarının yüzeye adsorpsiyonunu engellemesine dayandırılmıştır. Bu bulgular, Dobias ve Orthgies (1991)'in sonuçlarıyla uyumludur.

Baritin aglomerasyon verimi (Şekil 46) ve kritik ıslanma yüzey geriliminin EDTA miktarı ile değişimi (Şekil 162) incelendiğinde, sisteme ilave edilen EDTA miktarı arttıkça verimin ve kritik ıslanma yüzey geriliminin gazyağının yüzey geriliminin altına düştüğü görülmektedir. EDTA miktarı arttıkça, EDTA molekülleri barit yüzeyindeki Ba^{+2} iyonları ile kompleksler oluşturması, oluşan bu komplekslerin yüzeyde kalması ve/veya çözeltiliye geçmesi sonucu yüzeyin daha negatif olması sonucu, oleat anyonlarının adsorpsiyonunun azalması sonucu verim

düşmüştür. Bu bulgular, Dobias ve Orthgies (1991)'ın sonuçlarıyla uyumludur. Aglomerasyon veriminin düşmesine rağmen, kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri, yüzeye kısmen adsorbe olan oleat anyonlarının düzenindeki farklılıktan dolayı çok fazla değişmemiştir.

Kalsitin aglomerasyon veriminin EDTA miktarı ile değişimi (Şekil 61) incelendiğinde, düşük EDTA miktarında verimin %94,13'den %97,20'ye yükseldiği, EDTA miktarı artmaya devam ettiğinde verimin düştüğü ve sıfır olduğu görülmektedir. Düşük EDTA miktarında verimdeki kısmi yükselme, EDTA moleküllerinin sistemde bulunan Ca^{+2} ile şelat kompleksleri oluşturarak mineral yüzeyine adsorbe olacak oleat anyonlarının miktarını arttırmasına, yüksek EDTA miktarlarında verimin düşmesi ise, EDTA moleküllerinin kalsit yüzeyindeki Ca^{+2} iyonlarıyla da kompleks oluşturması, oluşan bu komplekslerin yüzeyde kalması ve/veya çözeltiye geçmesiyle yüzeyin daha negatif olması sonucu, oleat anyonlarının yüzeye adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır. Bu bulgular, Dobias ve Orthgies (1991)'ın bulgularıyla uyumludur. Ayrıca, EDTA miktarı arttıkça kalsitin kritik ıslanma yüzey geriliminin dar bir aralıkta önce azaldığı ve daha sonra yükseldiği görülmektedir (Şekil 202).

EDTA'dan en fazla barit, en az ise selestit etkilenmiştir.

5.1.9.5. Quebracho

Selestitin aglomerasyon verimi (Şekil 28) ve kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin quebracho miktarı ile değişimi (Şekil 123) incelendiğinde, sisteme ilave edilen quebracho miktarı arttıkça aglomerasyon veriminin düştüğü ve selestitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin gazyağının yüzey gerilimine yakın olduğu görülmektedir.

Baritin aglomerasyon verimi (Şekil 47) ve kritik ıslanma yüzey geriliminin quebracho miktarı ile değişimi (Şekil 167) incelendiğinde, sisteme ilave edilen quebracho miktarı arttıkça verimin düştüğü ve baritin kritik ıslanma yüzey geriliminin gazyağının yüzey geriliminden düşük olduğu görülmektedir.

Kalsitin aglomerasyon verimi (Şekil 62) ve kritik ıslanma yüzey gerilimi değerinin quebracho miktarı ile değişimini (Şekil 207) incelediğimizde, quebracho miktarı arttıkça aglomerasyon veriminin düştüğü ve kalsitin kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerinin gazyağının yüzey gerilimden daha düşük olduğu görülmektedir.

Her üç mineral için de, quebrachonun kompleks moleküler yapısı nedeniyle mineral yüzeyiyle etkileşimi net olarak ortaya konamamıştır. Değişik araştırmacılar (Fuerstenau and Herrera-Urbine, 1989; Arbiter, 1985), quebrachonun adsorpsiyona değişik mekanizmalar önermektedirler. Bu mekanizmalar; elektrostatik etkileşim, hidrojen bağı ve kovalent bağı metal-quebracho komplekslerinin meydana gelmesi şeklinde açıklanabilir.

Castro (1993); Marinakis ve Shergold (1985-b), minerallerin organik ve inorganik bastırıcılar ile bastırılmasını açıklarken; sisteme katılan bastırıcıların toplayıcının mineral yüzeyine adsorpsiyonunu engelleyerek mineral yüzeyinin yeterince hidrofob hale gelememesini belirtmektedirler. Ancak, selestit, barit ve kalsit numuneleri için belirlenen kritik ıslanma yüzey gerilimi değerlerine bakıldığında; selestit, barit ve kalsit için sodyum oleat kullanıldığında kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri gazyağının yüzey gerilimine çok yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, genel olarak yüzeye kısmen adsorbe olan oleat anyonlarının düzenindeki farklılığa dayandırılmıştır.

Sonuç olarak, quebrachodan en fazla selestit, en az ise barit etkilenmiştir.

5.2. İkili Mineral Karışımları

5.2.1. Barit ve Kalsit Karışımları

Barit ve kalsitin ayrı ayrı aglomerasyonunda optimum pH ikisinde de 10 olduğu için deneyler pH 10'da yapılmıştır. Barit ve kalsit karışımlarıyla yapılan aglomerasyon deneylerinde bastırıcı kullanılmadan, karışımdaki barit oranları değiştirilerek deneyler yapılmış (Şekil 63) ve %50 barit ve %50 kalsit karışımında

aglomeratın barit tenörü %83,84'e yükselmiştir. Ancak, %25 ve %75 barit oranlarında tenörde önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Ortamda bulunan Ca^{+2} , Ba^{+2} , CaOH^+ , BaOH^+ iyonlarının minerallerin yüzeyine adsorbe olması nedeniyle kalsit ve baritin aynı yüzey özelliklerini kazanması sonucu seçimlilik sağlanamamıştır.

Karışımındaki barit oranı arttıkça aglomeratın barit tenörünün artması, oleat anyonlarının barit yüzeyiyle etkileşiminin artmasıyla baritin çözünürlüğünün azalmasına, dolayısıyla ortamdaki Ba^{+2} iyonlarının konsantrasyonunun azalmasına dayandırılmıştır. Literatürde böyle bir tabakanın varlığının minerallerin çözünürlüğünü kısmen engellediği belirtilmektedir (Marinakis ve Shergold, 1985; Somasundaran ve diğ., 1991-b). Verimdeki düşüş ise, ortamda bulunan oleat anyonlarının ve/veya Ca-Oleat tuzlarının kalsit yüzeyine adsorpsiyonuna dayandırılmıştır.

%75 ve %25 kalsit karışımında barit tenöründe artış olmaması hem elde edilen aglomeratların oluşumu sırasında kalsit partiküllerini de tutarak aglomera etmesine hem de baritin çözünmesinden kaynaklanan Ba^{+2} iyonlarının kalsiti aktifleştirmesine dayandırılmıştır.

5.2.1.1. Bastırıcılar

Barit ve kalsit ikili karışımlarıyla yapılan deneylerde bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebrachonun barit tenörü ve verimi üzerindeki etkileri ayrı ayrı tartışılmıştır.

5.2.1.1.1. Sodyum Silikat

Marinakis ve Shergold (1985-b)'un yaptığı çalışmada, çözeltideki sodyum silikat miktarının artmasıyla hem barit hem de kalsit yüzeyine adsorbe olan silika komplekslerinin arttığı ve kalsit yüzeyine adsorbe olan silika komplekslerinin miktarının barite göre daha fazla olduğu belirtilmektedir.

Sodyum silikat miktarının barit ve kalsit karışımında tenör ve verim üzerindeki etkisi incelendiğinde (Şekil 64), 0,3 kg/ton sodyum silikat miktarına kadar verimdeki artma, kalsit yüzeyine daha fazla adsorbe olan silika komplekslerinin oleat anyonlarının kalsit yüzeyine adsorpsiyonunu engellemesine dayandırılmıştır. Verimdeki azalma ise, hem silika komplekslerinin adsorpsiyonu sonucu oleat anyonlarının barit yüzeyinin yeterince hidrofob yapamamasına hem de katyonik yüzey kenarlarının oranının azalmasına dayandırılmıştır. Çok yüksek sodyum silikat miktarında hem tenör hem de verimin sıfır olması kompleks silika moleküllerinin yüzeye adsorpsiyonu sonucu yüzeyin negatif potansiyel değerinin artmasıyla yüzeye oleat iyonlarının adsorbe olamamasına dayandırılmıştır.

0,1 kg/ton sodyum silikat miktarında, karışımdaki barit oranı arttıkça barit tenör ve verim değerleri artmıştır (Şekil 65). En yüksek değerlere %75 barit ve %25 kalsit oranında ulaşılmış, karışımdaki barit %91,64 tenör ve %84,80 verimle kazanılmıştır.

5.2.1.1.2. Sitrik Asit

Literatürde, sitrik asidin hem çözeltideki hem de mineral yüzeyindeki katyonlarla (Ca^{+2} , Ba^{+2}), CaL^- ve BaL^- oluşturduğu belirtilmektedir. Ayrıca sitrik asidin Ca^{+2} iyonlarıyla yaptığı şelat bileşikler Ba^{+2} iyonlarıyla yaptığından daha kuvvetli olduğu da belirtilmektedir (Yuehua ve Dianzuo, 1991).

Sisteme ilave edilen sitrik asit miktarı arttıkça barit tenör ve verimindeki azalma (Şekil 66), negatif yüklü şelat komplekslerinin mineral yüzeyine oleat adsorpsiyonunu engellemesine dayandırılmıştır.

Ayrıca, 0,05 kg/ton sitrik asit miktarında, karışımdaki barit oranı değiştirilerek yapılan deneylerde (Şekil 67) tenör ve verim paralel olarak artmış ancak, yüksek seçimlilik sağlanamamıştır.

5.2.1.1.3. Dekstrin

%50 barit ve %50 kalsit karışımlarında, sisteme ilave edilen dekstrin miktarı arttıkça verimin hızlı bir şekilde düştüğü ve 0,5 kg/ton dekstrin miktarında verimin düşük olmasına rağmen, tenörün %99,25'e yükseldiği Şekil 68'den görülmektedir. Bu bulgular, dekstrinin kalsit yüzeyine daha fazla adsorbe olduğunu göstermektedir. Aglomerasyon verimindeki azalma ise, ortamdaki dekstrin moleküllerinin barit yüzeyine adsorbe olması sonucu oleat adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır.

5.2.1.1.4. EDTA

EDTA miktarının %50 barit ve %50 kalsit karışımında barit tenör ve verimi üzerindeki etkisi (Şekil 70) incelendiğinde, EDTA konsantrasyonu arttıkça tenördeki düşme EDTA moleküllerinin barit yüzeyindeki katyonlarla şelat oluşturmaya, dolayısıyla oleat adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır.

1,0 kg/ton EDTA miktarında, karışımdaki barit oranının tenör ve verim üzerindeki etkisi (Şekil 71) incelendiğinde, %25 barit ve %75 kalsit karışımında aglomerat elde edilemediği ve karışımdaki barit oranı yükseldikçe verimin de yükseldiği görülmektedir.

5.2.1.1.5. Quebracho

%50 barit ve %50 kalsit karışımında tenör ve verimin quebracho miktarı ile değişimi (Şekil 72) incelendiğinde, 0,125 kg/ton quebracho miktarında aglomerat elde edilemediği ve 0,1 kg/ton quebracho miktarında verimin çok düşük olmasına rağmen tenörün %98,82'ye yükseldiği görülmektedir.

0,075 kg/ton quebracho miktarında, karışımdaki barit oranı arttıkça elde edilen aglomeratların verimi artmış (Şekil 73) ancak, tenör değerleri beslemedeki barit oranlarına paralel olarak değişmemiştir.

Quebrachonun kompleks yapısı nedeniyle tenör ve verim değişimi için net bir mekanizma önerilememekle birlikte, tenördeki artış, quebrachonun kalsit yüzeyine adsorbe olma eğiliminin yüksek olduğunu göstermektedir.

Farklı oranlarda barit ve kalsit ikili karışımlarıyla yapılan deneylerden elde edilen bulgular toplu olarak Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Barit ve kalsit ikili karışımlarından elde edilen sonuçlar.

Barit Oranı, %	Bastırıcısız		S. Silikat (0,1 kg/ton)		Sitrik Asit (0,05 kg/ton)		Dekstrin (0,1 kg/ton)		EDTA (1,0 kg/ton)		Quebracho (0,075 kg/ton)	
	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %
25	25,11	93,33	0,00	0,00	0,00	0,00	98,55	18,13	0,00	0,00	81,82	4,80
50	83,84	70,58	90,24	24,67	56,06	46,27	98,21	22,00	60,36	45,07	91,78	61,07
75	75,81	91,11	91,64	84,80	84,63	80,27	90,45	71,56	81,77	92,89	82,06	94,67

%25 barit içeren karışımlarda kabul edilebilir bir verimle barit aglomera edilememiştir. %50 barit içeren karışımlarda, tenör ve verim birlikte değerlendirildiğinde bastırıcı kullanılmadan ve quebracho ile yapılan deneylerden elde edilmiştir. %75 barit içeren karışımlarda ise, en iyi bulgulara sodyum silikat kullanıldığında ulaşılmıştır. Karışımdaki barit oranı arttıkça bastırıcıların etkileri azalmıştır.

5.2.2. Selestit ve Kalsit Karışımları

Selestit ve kalsitin yağ aglomerasyonunda optimum pH sırasıyla 7 ve 10 olarak belirlenmiştir. Ancak, selestit ve kalsit karışımının yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde pH'ın etkisi incelendiğinde (Şekil 74), pH yükseldikçe elde edilen aglomeratlarda sadece selestit verimi azalmış, tenörde ise önemli bir değişim olmamıştır. pH arttıkça selestit verimindeki azalma, mineral yüzeyine hidroksil iyonları adsorpsiyonu sonucu oleat anyonlarının adsorpsiyon olamamasına ve/veya CO_3^{-2} anyonları tarafından selestit yüzeyinin karbonatlaştırılmasına

dayandırılmıştır. Bu bulgular, Castro ve diğ. (1993); Martinez ve Uribe (1995)'in sonuçlarıyla uyusmaktadır. Marinakis ve Shergold (1985)'un belirttiği gibi, pH değişimi bu mineraller arasında seçicilik sağlanamamıştır.

Bunun yanında, her iki mineral için belirlenen optimum Na-Oleat miktarı 10 kg/ton'dur. Yani toplayıcı miktarını değiştirerek bu iki minerali birbirinden ayırmak mümkün olmamaktadır.

Herhangi bir bastırıcı ilave edilmeden ve pH 8,5'da, karışımdaki selestit oranının artırılmasıyla tenör ve verimdeki değişim (Şekil 75) incelendiğinde, tenörün beslemedeki selestit oranına paralel olarak arttığı görülmektedir. Ancak, ortamda bulunan Ca^{+2} , Sr^{+2} , $CaOH^{+}$, $SrOH^{+}$ iyonlarının minerallerin yüzeyine adsorbe olması nedeniyle kalsit ve selestitin aynı yüzey özelliklerini göstermesi sonucu seçicilik sağlanamamıştır.

5.2.2.1. Bastırıcılar

Selestit ve kalsit ikili karışımlarıyla yapılan deneylerde bastırıcı olarak kullanılan sodyum silikat, sitrik asit, dekstrin, EDTA ve quebrachonun selestit tenörü ve verimi üzerindeki etkileri ayrı ayrı tartışılmıştır.

5.2.2.1.1. Sodyum Silikat

%50 selestit ve %50 kalsit karışımlarında, sisteme ilave edilen sodyum silikat miktarının arttıkça elde edilen aglomeratların tenörlerinin fazla bir değişim göstermediği ve verimin düştüğü Şekil 76'dan görülmektedir.

Marinakis ve Shergold (1985-b), çözeltideki sodyum silikat miktarının artmasıyla tuz tipi minerallerin yüzeyine adsorbe olan silika komplekslerinin arttığını belirtilmektedir. Sodyum silikat miktarı arttıkça elde edilen aglomeratın selestit tenörün değişmemesi, hem selestit hem de kalsit yüzeyine adsorbe olan silika komplekslerinin oleat anyonlarının minerallerin yüzeyine adsorpsiyonunu engellemesine dayandırılmıştır. Verimdeki azalma ise, silika komplekslerinin

adsorpsiyonu sonucu oleat anyonlarının selestit yüzeyinin yeterince hidrofob yapamamasına, katyonik yüzey kenarlarının oranının azalmasına ve yüzeye adsorbe olan kompleks silika moleküllerinin yüzeyin negatif potansiyel değerinin artması sonucu yüzeye oleat iyonlarının adsorbe olamamasına dayandırılmıştır.

0,2 kg/ton sodyum silikat miktarında, sistemdeki selestit oranı arttıkça tenör ve verimdeki değişim incelendiğinde (Şekil 77), tenörün beslemedeki selestit oranına paralel olarak yükseldiği, verimin ise %25 ve %75 selestit oranlarında çok düştüğü görülmektedir.

Bastırıcı olarak sodyum silikat kullanılarak selestit ve kalsit ikili karışımlarından selestit seçimli olarak aglomera edilememiştir. Castro ve Hoces (1993)'in yaptıkları çalışmada da sodyum silikat kullanılarak seçimlilik sağlanamamıştır.

5.2.2.1.2. Sitrik Asit

Sitrik asit miktarının %50 selestit ve %50 kalsit karışımında, tenör ve verim üzerindeki etkisi (Şekil 78) incelendiğinde, 1,5 kg/ton sitrik asit miktarına kadar tenörün fazla değişmediği, verimin hızlı bir şekilde düştüğü ve 2,0 kg/ton sitrik asit miktarında aglomerat elde edilemediği görülmektedir.

Yuehua ve Dianzuo (1991), sitrik asidin hem çözeltideki hem de mineral yüzeyindeki katyonlarla (Ca^{+2} , Sr^{+2}), CaL^- ve SrL^- oluşturduğunu belirtmektedir. Sisteme ilave edilen sitrik asit miktarı 1,5 kg/ton'a kadar tenörün fazla değişmemesi ve verimin düşmesi, 2,0 kg/ton sitrik asit miktarında da aglomerat elde edilememesi, negatif yüklü şelat komplekslerinin her iki minerallerin yüzeyine oleat adsorpsiyonunu engellemesine dayandırılmıştır.

Karışımındaki selestit oranı ile tenör ve verimdeki değişim (Şekil 79) incelendiğinde, %50 selestit ve %50 kalsit karışımı dışında aglomerat elde edilemediği görülmektedir.

Ayrıca tekli mineraller ile yapılan deneylerde optimum sitrik asit miktarı kalsit için 1,0 kg/ton olarak belirlenmesine rağmen selestit için 0,4 kg/ton olarak

belirlenmiştir. Sonuç olarak, sitrik asit kullanılarak selestit ve kalsit arasında bir seçimlilik sağlanamamıştır.

5.2.2.1.3. Dekstrin

0,3 kg/ton dekstrin miktarında elde edilen aglomeratın selestit tenörünün, beslemedeki selestit oranından çok az da olsa yüksek olduğu Şekil 80'den görülmektedir. Dekstrin miktarı arttıkça verimin düşmüş ve 0,5 kg/ton dekstrin miktarında aglomerat elde edilememiştir. Aglomerasyon verimindeki azalma, ortamdaki dekstrin moleküllerinin selestit ve kalsit yüzeyine adsorbe olması sonucu oleat adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır.

%25 selestit ve %75 kalsit karışımında 0,1 kg/ton dekstrin kullanıldığında aglomerat elde edilememiştir (Şekil 81). Karışımındaki selestit oranı yükseldikçe aglomeratların tenörü yükselmiş ancak, %50 selestit ve %50 kalsit karışımında verim %56,67'ye çıkabilmiştir.

Selestit ve kalsit için optimum dekstrin miktarları 0,8 kg/ton olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, selestit ve kalsitin aglomerasyonunda dekstrin miktarını değiştirerek seçimliliği sağlayamayacağımızı göstermektedir.

5.2.2.1.4. EDTA

Yine diğer bastırıcılarda olduğu gibi, %50 selestit ve %50 kalsit karışımlarında da sisteme ilave edilen EDTA miktarı arttıkça tenör fazla değişmez iken verim azalmıştır (Şekil 82). Verimdeki bu azalma EDTA moleküllerinin hem barit hem de kalsit yüzeyindeki katyonlarla şelat oluşturarak oleat adsorpsiyonunun azaltılmasına dayandırılmıştır.

0,5 kg/ton EDTA miktarında, karışımındaki selestit oranına paralel olarak aglomeratın selestit tenörü yükselmiş ancak, seçimlilik sağlanamamıştır (Şekil 83). Karışımındaki selestit oranının arttıkça verimin yükselmesi, EDTA moleküllerinin selestit ve kalsit yüzeyine seçimli olarak adsorplanmamasına dayandırılmıştır.

5.2.2.1.5. Quebracho

%50 selestit ve %50 kalsit karışımlarında sisteme ilave edilen quebracho miktarı arttıkça, aglomeratın selestit tenörü fazla değişmez iken verim düşmüş ve 0,075 kg/ton quebracho miktarında aglomerat elde edilememiştir (Şekil 84).

Quebrachonun kompleks yapısı nedeniyle tenör ve verim değişimi için net bir mekanizma önerilememekle birlikte, selestit tenörünün fazla değişmemesine rağmen veriminin düşmesi quebrachonun hem selestit hem de kalsit yüzeyine adsorbe olma eğiliminin yüksek olduğunu göstermektedir.

0,010 kg/ton quebracho miktarında, karışımdaki selestit oranı arttıkça tenör yükselmiş ancak, %75 selestit ve %25 kalsit karışımında verim çok düşmüştür (Şekil 85).

Quebracho kullanılarak selestit ve kalsit ikili karışımlarından selestit seçimli olarak aglomera edilememiştir. Castro ve Hoces (1993)'in quebracho kullanarak yaptıkları flotasyon çalışmasında da selestit seçimli olarak kazanılamamıştır.

Farklı oranlarda selestit ve kalsit ikili karışımlarıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar toplu olarak Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Selestit ve kalsit ikili karışımlarından elde edilen sonuçlar.

Selestit, %	Bastırıcısız		S. Silikat (0,2 kg/ton)		Sitrik Asit (0,1 kg/ton)		Dekstrin (0,1 kg/ton)		EDTA (0,5 kg/ton)		Quebracho (0,010 kg/ton)	
	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %	Tenör, %	Verim, %
25	25,11	93,33	22,29	10,40	0,00	0,00	0,00	0,00	22,86	64,00	24,62	52,00
50	83,84	70,58	48,65	68,97	49,35	55,47	50,24	56,67	49,29	60,27	48,95	90,53
75	75,81	91,11	71,59	5,60	0,00	0,00	69,98	92,93	74,02	78,76	68,66	4,09

%25, %50 ve %75 selestit içeren karışımlarda kabul edilebilir bir verim ve tenörle selestit seçimli olarak aglomera edilememiştir. En iyi sonuçlara herhangi bir bastırıcı kullanılmadan ulaşılmıştır.

6. SONUÇLAR

Aglomerasyon sisteminde pülpün pH değeri birinci derecede önemlidir.

Gazyağı uygun yoğunluğu, viskozitesi, moleküler ağırlığı ve yüzey gerilimi nedeniyle n-Heptane göre daha iyi bir bağlayıcı sıvıdır.

Na-Oleat, Na-DDS'a göre daha iyi bir toplayıcıdır.

Aglomerasyon sisteminde su, gazyağı gibi farklı sıvı fazların bulunmasından dolayı, kritik ıslanma yüzey gerilimi değerleri ile aglomerasyonun bağarısını ifade etmede, flotasyonda olduğu gibi kesin kurallar ortaya konamamıştır.

Selestit, barit ve kalsit için en iyi bastırıcı quebrachodur.

Selestitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesi deneylerinde optimum koşullar şöyledir; pH 7, karıştırma hızı: 1500 dev/dak, bağlayıcı sıvı miktarı (gazyağı): 100 L/ton, toplayıcı (Na-Oleat) miktarı: 10 kg/ton, katı oranı: %5, kondisyon süresi: 5 dak, toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak, aglomerasyon süresi: 5 dak. Optimum koşullarda yapılan deneyde ağırlıkça %78,67 verime ulaşılmıştır. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu bastırıcı miktarları ise ř  şekilde belirlenmiştir: sodyum silikat: 0,4 kg/ton; sitrik asit: 0,4 kg/ton; dekstrin: 0,8 kg/ton; EDTA: 14,0 kg/ton; quebracho: 0,05 kg/ton. Ayrıca, sisteme bastırıcı olarak 1,0 kg/ton EDTA ilave edildiğinde aglomerasyon verimi %89,47 olmuştur.

Baritin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde optimum koşullar şöyledir; pH: 10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak, bağlayıcı sıvı miktarı (gazyağı): 80 L/ton, toplayıcı (Na-Oleat) miktarı: 3 kg/ton, katı oranı: %5, kondisyon süresi: 2 dak, toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak, aglomerasyon süresi: 2 dak. Optimum koşullarda yapılan deneyde ağırlıkça %98,07 verime ulaşılmıştır. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu bastırıcı miktarları ise ř  şekilde belirlenmiştir: sodyum silikat: 38,0 kg/ton; sitrik asit: 1,2 kg/ton; dekstrin: 40,0 kg/ton; EDTA: 8,0 kg/ton; quebracho: 0,16 kg/ton.

Kalsitin yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmesinde optimum koşullar şöyledir; pH: 10, karıştırma hızı: 1600 dev/dak, bağlayıcı sıvı miktarı (gazyağı): 180 L/ton, toplayıcı (Na-Oleat) miktarı: 10 kg/ton, katı oranı: %5, kondisyon

süresi: 2 dak, toplayıcı karıştırma süresi: 1 dak, aglomerasyon süresi: 5 dak. Optimum koşullarda yapılan deneyde ağırlıkça %94,13 verime ulaşılmıştır. Aglomerasyon veriminin sıfır olduğu bastırıcı miktarları ise şu şekilde belirlenmiştir: sodyum silikat: 1,8 kg/ton; sitrik asit: 1,0 kg/ton; dekstrin: 0,8 kg/ton; EDTA: 10,0 kg/ton; quebracho: 0,06 kg/ton. Ayrıca, sisteme bastırıcı olarak 1,0 kg/ton EDTA ilave edildiğinde aglomerasyon verimi %97,20'ye yükselmiştir.

Selestit, barit ve kalsitin zeta potansiyeli değerleri, sisteme ilave edilen toplayıcı (Na-Oleat, Na-DDS) miktarı arttıkça daha negatif olmuştur. Yaklaşık olarak, selestit için -36 mV, barit için -50 mV ve kalsit için -60 mV olduğunda aglomerasyon verimleri optimum olmuştur.

İkili mineral karışımlarıyla (barit+kalsit ve selestit+kalsit) yapılan seçimli aglomerasyon deneyleri öncelikle %50 ağırlık oranlarında hazırlanan karışımlarda yapılmıştır. Ayrıca, %50 ağırlık oranlarında belirlenen optimum koşullarda %25 ve %75 ağırlık oranlarında aglomerasyon deneyleri yapılmıştır.

%25 barit içeren karışımlarda kabul edilebilir bir verimle barit aglomera edilememiştir. %50 barit içeren karışımlarda en iyi sonuçlar, tenör ve verim birlikte değerlendirildiğinde bastırıcı kullanılmadan ve quebracho ile yapılan deneylerden elde edilmiştir. %75 barit içeren karışımlarda ise, sodyum silikat kullanıldığında %91,64 barit tenörüne %84,80 verimle ulaşılmıştır. Karışımdaki barit oranı arttıkça bastırıcıların etkileri azalmıştır. Sonuç olarak, barit ve kalsit ikili karışımlarından (%50 ve %75 barit içeren) barit, kabul edilebilir bir verimle kısmen zenginleştirilmiştir.

%25, %50 ve %75 selestit içeren karışımlarda kabul edilebilir bir verim ve tenörle selestit seçimli olarak aglomera edilememiştir. En iyi sonuçlara herhangi bir bastırıcı kullanılmadan ulaşılmıştır. Sonuç olarak, selestit ve kalsit ikili karışımlarından, selestit yağ aglomerasyonu yöntemiyle kabul edilebilir bir tenör ve verim ile çalışılan koşullarda seçimli olarak aglomera edilememiştir.

7. KAYNAKLAR

- Abramov, A.A., (2000), "Regularities of Hydrophobisation and Flotation of Salt-Like Minerals", Proceedings of the XXI International Mineral Processing Congress, Vol. B, pp: B8a-120-B8a-130, Rome, Italy.
- Akar, A., (1983), "Selektif Küresel Aglomerasyon Yöntemi ile Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, 21-25 Şubat, s: 291-326, Ankara.
- Ananthapadmanabham, K.P and Somasundaran, P., (1980), Interfacial Phenomena in Mineral Processing, B. Yarar (Ed.), Engineering Foundation, pp: 207-27, New York, NY.
- Ananthapadmanabham, K.P and Somasundaran, P., (1984), Minerals Metall. Proc., 1 (1), pp: 36-42.
- Aplan, F.F. and Fuerstenau, D.W., (1962), "Principles of Nonmetallic Mineral Flotation", Froth Flotation, 50th Anniversary Volume, AIMM, D.W. Fuerstenau (Ed.), Chapter 7, pp: 170-214, New York.
- Aplan, F.F., (1980), "Flotation", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Vol: 10, Third Edition, pp: 523-547, John Wiley & Sons. Inc.
- Aplan, F.F.; Castillo, M.; Harris, C.L. and Parekh, B.K., (1991), "Surface Properties and Selective Flotation of the Slightly Soluble Minerals", XVIIth International Mineral Processing Congress, September 23-28, pp: 45-57, Dresden/FRG.
- Arbiter, N., (1985), "Flotation", Section 5, SME Mineral Processing Handbook (N.L. Weiss, Ed.), New York.
- Atak, S., (1990), Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, İTÜ Vakfı Yayın No: 34, 222 s., İstanbul.

- Atak, S., Bulut, G. ve Yalçın, B., (2001), "Flotation and Surface Characteristics of Celestite and Gypsum", Proceedings of the 9th Balkan Mineral Processing Congress, 11-13 Eylül, pp: 183-186, İstanbul, Turkey.
- Attia, Y.A., (1982), "Fine Particle Separation by Selective Flocculation", Separation Science and Technology, 17 (3), pp: 485-493.
- Batley, W.W., (1923), "The Trent Process for Cleaning Coal", Fuel, 2, p: 236.
- Bilgen, S., (1993), "Makaslama Şalkımlaştırması", Türkiye XIII Madencilik Kongresi, s. 667-674, Ankara.
- Bozkurt, V., Uçbaş, Y. ve Bilir, K., (1999), "Manyezit Cevherinin Seçimli Aglomerasyon ile Zenginleştirilmesinde Bazı Bastırıcıların Etkisi", Türkiye 16. Madencilik Kongresi, pp: 405-413, Ankara, Türkiye.
- Capes, C.E., (1980), "Principals and Application of Size Enlargement in Liquid System", Fine Particle Processing, Chapter 73, P. Somasundaran (Ed.), AIME, pp: 1442-1462, New York.
- Capes, C.E., (1991), "Oil Agglomeration Process Principles and Commercial Application for Fine Coal Cleaning", Coal Preparation, 4, pp: 1021-1029, Littleton: SME.
- Capes, C.E., and Darcovich, K., (1984), "A Survey of Oil Agglomeration in Wet Fine Coal Processing", Powder Technology, 40, pp. 43-52
- Capes, C.E., McIlhinney, A.E., Russel, D.S. and Sirianni, A.F., (1974), "Rejection of Trace Metals From Coal During Beneficiation by Agglomeration", Environ. Sci. Technology, 8, pp: 35-38.
- Castro, F.H.B. and Hoces, M.C., (1993), "Influence of Quebracho and Sodium Silicate on Flotation of Celestite and Calcite with Sodium Oleate", International Journal of Mineral Processing, 37, pp: 283-298.
- Cebeci, Y., (1996), "The Investigation of Effect of Some Parameters on the Performance of Selective Agglomeration of Lignites", Proceedings of the 6th International Mineral Processing Symposium, Kuşadası, Turkey, 24-26 September, pp: 455-459, Balkema, Rotterdam.

- Cebeci, Y., and Eroğlu, N., (1998), "Determination of Bridging Liquid Type in Oil Agglomeration of Lignites", *Fuel*, 77, No. 5, pp. 419-424.
- Cebeci, Y.; Ulusoy, U. and Erişen, M., (2000), "Concentration of Celestite by Oil Agglomeration", *Mineral Processing on the Verge of the 21st Century*, pp: 161-165, Balkema, Rotterdam.
- Chen, Z., (1984), *Colloide Chemistry*, (Advanced Educational Publisher: Beijing), (in Chinese).
- Chen, W.; Zhu, D. and Chen, J., (1993), "Oil Agglomeration of Metal Oxide Minerals", XVIII International Mineral Processing Congress, 23-28 May, pp: 941-948, Sydney.
- Dawei, W., Kewu, W. and Jicun, Q., (1986), "Hydrophobic Agglomeration and Spherical Agglomeration of Wolframite Fines", *International Journal of Mineral Processing*, 17, pp: 261-272.
- Dawei, W., Kewu, W. and Jicun, Q., (1987), "The Activation Mechanisms of Wolframite by Ca^{2+} and Fe^{3+} Ions in Hydrophobic Agglomeration, Using Sodium Oleate as Collector", *International Journal of Mineral Processing*, 20, pp: 35-44.
- Dobias, B. and Orthgies, E., (1991), "Complexing Agents as Modifiers in Mineral Flotation", XVIIth International Mineral Processing Congress, September 23-28, pp: 141-155, Dresden/FRG.
- Drzymala, J; Markuszewski, R. and Wheelock, T.D., (1986), "Influence of Air on Oil Agglomeration of Carbonaceous Solids in Aqueous Suspension", *Int. J. of Mineral Processing*, 18, pp: 277-286.
- Fuerstenau, D.W. and Williams, M.C., (1987), "A New Method for Characterization of the Surface Energy of Hydrophobic Particles", *Part. Charact.*, 4: 7-13.
- Fuerstenau, D.W., (1980), *Fine Particle Flotation*, P. Somasundaran (Ed.), *Fine Particle Processing*, AIMM, pp: 669-705, New York.

- Fuerstenau, D.W. and Herrera-Urbine, R., (1989), "Flotation Reagents, Chapter 1", *Advances in Coal and Mineral Processing Using Flotation*, S. Chander and R.R. Klimpel, Eds.), AIME, Littleton, Colorado.
- Gence, N. ve Özdağ, H., (1995), "Surface Properties of Magnesite and Surfactant Adsorption Mechanism", *Int. J. Miner. Process.*, 43, pp: 37-47.
- Gonzales-Cabellero, F., Cabrerizo, M.A., Bruque, J.M. and Delgado, A., (1988), "The Zeta Potantial of Celestite in Aqueous Electrolyte and Surfactant Solutions", *Journal of Colloid and interface Science*, Vol. 126 (1), pp: 367-370.
- Gonzales-Cabellero, F.; Cabrerizo, M.A.; Bruque, J.M. and Delgado, A., (1989), "Flotation Properties of Celestite in Aqueous Solutions of Ionic Surfactant", *International Journal of Mineral Processing*, 26, pp: 51-63.
- Güler, T., Hiçyılmaz, C. ve Akdemir, Ü., (1998), "Effect of Depressants in Flotation of Celestite-Calcite Ore from Sivas-Nasır", *Proceedings of the 7th International Mineral Processing Symposium*, 15-17 Eylül, pp: 329-331, İstanbul, Türkiye.
- Güler, T., Hiçyılmaz, C. and Akdemir, Ü., (1999), "Processing of Celestite from Sivas-Nasır/Turkey by Flotation", *SME Annual Meeting*, March 1-3, Preprint 99-3, 5 p., Denver, Colorado.
- Hanna, H.S. and Somasundaran, P., (1976), "Flotation of Salt-Type Minerals", *Flotation*, M.C. Fuerstenau (Ed.), A.M. Gaudin Memorial Volume, AIME, 8, pp: 197-272, New York, N.Y.,
- Hattem, A. V., (1982). "Process Development of the SPS in Coal Slurry De-watering", *proc. XIV Int. Min. Process. Cong.*, 7, 6.1.
- Hiçyılmaz, C.; Özbayoğlu, G.; Atalay, Ü. and Doğan, Z., (1991), "The Effects of Amine on the Surface Properties of Scheelite and Calcite", *XVIIth International Mineral Processing Congress, Volume IV, Flotation of Non-Sulfide Minerals and Complex Ores*, 23-28 September, pp: 139-149, Dresden.

- Hiçyılmaz, C., Bilgen, S. ve Özbaş, K.E., (1997), "Fluoritin Hidrofobik Aglomerasyonu ve İyonların Etkisi", Türkiye 15. Madencilik Kongresi, 6-9 Mayıs, pp: 375-382, Ankara, Türkiye.
- Houot, R., Joussemet, R. and Fabre, F., (1993), "Celestite Ore Upgrading-From Laboratory to Mill", XVIII International Mineral Processing Congress, 23-38 Mayıs, pp: 1053-1059, Sydney, Australia.
- Hucko, R.E.; Killmeyer, R.P. and Jacobsen, P.S., (1990), "Selective Agglomeration: An Interlaboratory Test program", Minerals and Metallurgy Processing, 7 (2), pp: 74-78.
- Kavouridis, C.B.; Shergold, H.L. and Ayers, P.A., (1981), "Agglomeration of Particles in an Aqueous Suspension by an Immiscible Liquid", Trans. IMM, 90, pp: C53-60.
- Kawashima, Y.; Hanada, T.; Takeuchi, H.; Takenaka, Y.N.H. and Lin, S.Y., (1986), "Spherical Agglomeration Of Calcium Carbonate Dispersed In Aqueous Medium Containing Sodium Oleate", Powder Technology, 46, pp: 61-66.
- Kelsall, G.H. and Pitt, J.L., (1987), "Spherical Agglomeration of Fine Wolframite ((Fe, Mn)WO₄) Mineral Particles", Chemical Engineering Science, Vol. 42, No. 4, pp: 679-688.
- Kelly, E.G. and Spottiswood, D.J., (1982), "Flotation and Other Surface Separations", Introduction to Mineral Processing, Chapter 16, pp: 301-322, John Wiley & Sons.
- Lagerstrom, B., (1959), Acta Chemica Scandinavica, Vol. 13, p. 772.
- Laskowski, J.S., (1983), Surface and Colloid Science, E. Matijevic (Ed.), Vol. 12, pp: 315-357, New York, Plenum Press.
- Laskowski, J.S., (1986), "The Relationship Between Floatability and Hydrophobicity", Adv. in Mineral Processing, P. Somasundaran (Ed.), SME, Littleton, CO, pp: 189-208, USA.

- Laskowski, J.S., (1992), "An Introduction: Physicochemical Methods of Separation", J.S. Laskowski and J. Ralston (Ed.), *Colloid Chemistry in Mineral Processing*, pp: 225-241, Elsevier, London.
- Leja, J., (1983), *Surface Chemistry of Froth Flotation*, Plenum Press, Second Printing, New York.
- Lopez-Valdivieso, A.; Robledo-Cabrera, A. and Uribe-Salas, A., (2000), "Flotation of Celestite with the Anionic Collector Sodium Dodecyl Sulfate. Effect of Carbonate Ions", *International Journal of Mineral Processing*, 60, pp: 79-90.
- Lu, S and Li, G., (1984), *J. Wuhan Iron and Steel Univ.*, pp: 1-8.
- Malayoğlu, U., Akar, A. ve Çelik, A., (1997), "Kırşehir-Kaman Fluorit Cevherlerinin Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilerek Değerlendirilmesinin Araştırılması", 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim, pp: 229-235, İzmir, Türkiye.
- Marinakos, K.I. and Shergold, H.L., (1985), "The Mechanism of Fatty Acid Adsorption in the Presence of Fluorite, Calcite and Barite", *Int., J. of Mineral Processing*, 14, pp: 161-176.
- Marinakos, K.I. and Shergold, H.L., (1985-b), "The Influence of Sodium Silicate Addition on the Adsorption of Oleic Acid by Fluorite, Calcite and Barite", *Int., J. of Mineral Processing*, 14, pp: 177-193.
- Martinez L., A. and Uribe, S. (1995), "Interfacial Properties of Celestite and Strontianite in Aqueous Solutions", *Minerals Engineering*, Vol. 8, No. 9, pp: 1009-1022.
- Matijevic, E.; Leja, J. and Nemeth, R., (1966), *J. Coll. Interf. Sci.*, 22, pp: 419-429.
- Mehrotra, V.P., Sastry, K.V.S. and Morey, B.W. (1983), "Review of Oil Agglomeration Techniques for Processing of Fine Coals", *Int. Journal of Mineral Processing*, 11, pp: 175-201

- Mezey, E.J.; Min, S. and Folsom, D., (1979), "Fuel Contaminants", Vol: 4, Application of Oil Agglomeration to Coal Wastes, U.S. Environmental Protection Agency, Rep. No: EPA-600/7-79-025b, Jan.
- Mular, A.L. and Puddington, I.E., (1968), "A Technically Feasible Agglomeration-Separation Process", CIM Bulletin, June, pp: 726-730.
- Nemeth, R. and Matijevic, E., (1971), Kolloid-ZuZ., Polymer, 245, pp: 497-507.
- Özcan, Ö., Bulutcu, A.N., Receptoğlu, O. ve Tolun, R., (1998), "Flotation of Fluorite and Scheelite by Oleoyl Sarcosine", II. International Mineral Processing Symposium, 4-6 Ekim, pp: 198-207, İzmir, Turkey.
- Padday, J.F., (1968), "The Measurement of Surface Tension Part II", Surface and Colloidal Science 1, pp. 101-149, New York.
- Parekh, B.K. and Aplan, F.F., (1974), "Wetting Properties of Minerals Coated with Surfactants", Proc. of Chem. Inst. Canada, Flocculant and Dispersion Symposium, pp: 21-35, Toranta.
- Pashley, R.M. and Israelachvili, J.N., (1981), " A Comparison of Surface Forces and Interfacial Properties of Mica in Purified Surfactant Solutions", Colloids and Surfaces, Vol. 1, p. 169.
- Puddington I.E. and Sparks, B.D., (1975), "Spherical Agglomeration Process", Mineral Sci. Engineering, Vol. 7, No. 3, October, pp: 282-288.
- Sadowski, Z. and Smith, R.W., (1989), "The Stability of Semi-Soluble Salt Type Suspensions in Oleate Solutions", J. Dispersion Science and Technology, 10, pp: 715-737.
- Sadowski, Z., (Yayınlanmamış), "Hydrophobic Agglomeration of Fine particles", 20 p.
- Sadowski, Z., (1991), "The Effect of Dispersant Reagents on the Sodium Oleate Adsorption at the Salt Minerals-Water Interface", J. Dispersion Science and Technology, 12 (3&4), pp: 289-302.
- Sadowski, Z., (1993), "The Spherical Oil Agglomeration of Barite Suspension in the Presence of Surfactant and Cosurfactant", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 80, pp: 147-152.

- Sadowski, Z., (1993-b), "The Influence of the Sodium Oleate Adsorption on the behavior of Calcite Suspension", *Chemical Engineering Science*, Vol. 48, No. 2, pp: 305-312.
- Sadowski, Z., (1994), "Fundamental Aspects of Spherical Agglomeration of Salt-Type Minerals", *Progress in Mineral Processing Technology*, pp. 433-437, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Sadowski, Z., (1994-b), "A Study on Hydrophobic Aggregation of Calcite Aqueous Suspensions", *Powder Technology*, 80, pp. 93-98.
- Sadowski, Z., (1995), "Selective Spherical Agglomeration of Salt-Type Mineral Particles in Aqueous Solution", *Colloids and Surfaces*, 96, pp: 277-285.
- Sadowski, Z., (1997), "Spherical Agglomeration of Fine Mineral Particles", *Proceedings of the XX IMPC*, September 21-26, pp: 415-423, Aachen, Germany.
- Sarkar, G.G.; Konar, B.B.; Sakha, S. and Sinha, A.K., (1976), "Demineralization of Coals by Oil Agglomeration", *Proc. of the Symposium on Pellets and Granules*, Australian Institute of Mining and Metallurgy, N.S.W.
- Shaw, D.J., (1966), *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*, Butter Worths, London, 186 p.
- Schubert, H. and Baldauf, H., (1990), "Fluorite Flotation from Ores Containing Higher Calcite Contents with Oleoyl Sarcosine as Collector", III. *International Mineral Processing Symposium*, 11-13 Eylül, pp: 378-387, İstanbul, Turkey.
- Somasundaran, P., (1976), *International Journal of Mineral Processing*, Vol: 3, pp: 35-40.
- Somasundaran, P., (1980), "Fine Particle Processing", P. Somasundaran (Ed.), *American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineering*, pp: 947-976, New York.
- Somasundaran, P.; Xiao, L. and Wang, D., (1991), "Solution Chemistry of Flotation of Sparingly Soluble Minerals", *Minerals & Metallurgical Processing*, August, pp: 115-121.

- Somasundaran, P.; Xiao, L. and Vasudevan, T.V., (1991-b), "Separation of Salt-Type Minerals by Flotation Using a Structurally Modified Collector", XVIIth International Mineral Processing Congress, September 23-28, pp: 379-5391, Dresden/FRG.
- Subrahmanyam, T.V. and Forsberg, E., (1990), "Fine Particles Processing: Shear Flocculation and Carrier Flotation, A Review", *Int. J. Mineral Processing*, 30, pp: 265-286.
- Tanaka, M., (1982), "Liquid Phase Pelletizing of Coal by SPS", *Kekikoru Enjiniyaringu*, 27, p: 447.
- Verwey, E.J.W. and Overbeek, J.T.G., (1948), *Theory of the Stability of Lyophobic Colloids*, Elsevier, Eindhoven.
- Weast, R. C., (1987), *Handbook of Chemistry and Physics*, 68th Edition, CDS Press, New York.
- Wen, W.W. and Sun, S.C., (1977), "An Electokinetic Study on the Oil Flotation of Oxidized Coal", *Transactions AIME* 262, pp: 174-180.
- Uçbaşı, Y. and Özdağ, H., (1996), "Concentration of Magnesite Fines by Magnetic Separation and Selective Agglomeration", *Proceedings of the 6th International Mineral Processing Symposium*, 24-26 Eylül, pp: 687-691, Kuşadası, Turkey.
- Uçbaşı, Y., Ötekaya, B. ve Özdağ, H., (1997), "Manyezit Cevherinin Yağ Aglomerasyonu ile Zenginleştirilmesinde Bazı Proses Değişkenlerinin Aglomerat Boyutu ve Proses Verimi Üzerine Etkisi", *Türkiye 15. Madencilik Kongresi*, pp: 383-388, Ankara, Türkiye.
- Yarar, B. and Kaoma, J., (1984), "Estimating of the Critical Surface Tension of Wetting of Hydrophobic Solids by Flotation", *Colloids and Surfaces*, 11, pp: 426-429.
- Yarar, B. and Aksu, S., (1997), "Quantification of the Roles of Surface Heterogeneity and Roughness in the Establishment of the Critical Surface Tension of Wetting of Hydrophobic Solids", *Proceedings of the XX IMPC*, September 21-26, pp: 41-451, Aachen, Germany.

- Yekeler, M. and Yarar, B., (1994), "Critical Surface Tension of Wetting of Low Surface Energy Minerals and Their Separations by Gamma Flotation: Realgar, Talc, Stibnite and Sulfur" SME Annual Meeting, pp: 17-94, New Mexico, USA.
- Yongxin, L. and Changgen, L., (1983), "Selective Flotation of Scheelite from Calcium Minerals with Sodium Oleate as a Collector and Phosphates as Modifiers. I. Selective Flotation of Scheelite", *International Journal of Mineral Processing*, 10, pp: 205-218.
- Young, C.A. and Miller, J.D., (2000), "Effect of Temperature on Oleate Adsorption at a Calcite Surface: an FT-NIR/IRS Study and Review", *International Journal of Mineral Processing*, 58, pp: 331-350.
- Yuehua, H. and Dianzuo, W., (1991), "Solution Chemistry of Flotation and Separation of Salt-Type Minerals", XVIIth International Mineral Processing Congress, Volume IV, Flotation of Non-Sulfide Minerals and Complex Ores, 23-28 September, pp: 97-110, Dresden.
- Zimmels, Y.; Lin, I.J. and Friend, J.P., (1975), "The Relation Between Stepwise Bulk Association and Interfacial Phenomena for Some Aqueous Surfactant Solutions", *Colloid Polym. Sci.*, 45, pp: 601-607.
- Zisman, W.A., (1964), "Relation of Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution in Contact Angle, Wettability and Adhesion", *Advances in Chemistry Series*, R.F. Gould (Ed.), No. 43, American Chem. Soc.; 1-51.

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim SÖNMEZ, 1969 yılında Sivas'ın Divriği ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1988 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne başladı ve 1992 yılında Maden Mühendisi olarak mezun oldu. 1996 yılında C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisansını tamamladı. 1993 yılında C.Ü. Maden Müh. Bölümü'nde başladığı araştırma görevliliğine halen devam etmektedir.

Evli ve bir çocuk babası olan İbrahim SÖNMEZ, İngilizce bilmektedir.



EKLER

EK-1A. Selestit ile Yapılan Yağ Aglomerasyonu Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar

Parametre		%, Verim
pH	3	0,00
	4	3,83
	5	56,17
	6	68,50
	7	72,83
	8	70,67
	9	69,83
	10	69,83
	11	41,67
	12	0,17
Karıştırma Hızı, dev/dak	1100	0,00
	1200	17,00
	1300	58,17
	1400	62,00
	1500	72,83
	1600	72,17
	1700	68,33
	1800	50,67
	1900	40,50
Bağlayıcı Sıvı Miktarı (Gazyağı, L/ton)	50	3,00
	60	9,83
	70	24,67
	80	41,33
	90	52,83
	100	72,83
	110	73,50
	120	74,00
	130	54,67
	140	23,00

Toplayıcı Miktarı (Na-Oleat, kg/ton)	2	0,00
	3	1,50
	4	31,50
	5	44,67
	6	49,50
	7	65,17
	8	69,00
	9	71,00
	10	72,83
	11	69,17
	12	72,17
	13	69,67
	14	62,33
	15	58,00
Katı Oranı, %	2	75,50
	5	78,67
	8	34,82
	10	23,60
	15	21,13
Aglomerasyon Süresi, dak	1	0,00
	2	10,60
	3	61,53
	4	77,53
	5	78,67
	10	44,60
Reaktif Karıştırma Süresi, dak	1	78,67
	2	76,73
	3	68,80
	4	72,93
	5	60,40
Kondisyon Süresi, dak	1	54,67
	2	59,60
	3	75,27
	4	76,20
	5	78,67
n-Heptane Miktarı, kg/ton (Na-Oleat: 10 kg/ton)	70	0,00
	80	1,27
	90	14,27
	100	71,13
	110	68,67
	120	61,40
	130	51,47
	140	38,93

Aglomerasyon Süresi, dak (n-Heptane: 100 L/ton)	1	0,00
	2	36,07
	3	69,27
	4	71,00
	5	71,13
	10	57,73
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	0	78,67
	0,05	78,53
	0,1	55,93
	0,2	0,00
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0	78,67
	0,05	62,20
	0,1	47,47
	0,2	0,00
Dekstrin Miktarı, kg/ton	0	78,67
	0,1	76,80
	0,2	52,67
	0,3	41,33
	0,4	0,00
EDTA Miktarı, kg/ton	0	78,67
	1	89,47
	5	81,07
	10	7,47
	14	0,00
Quebracho Miktarı, kg/ton	0	78,67
	0,01	73,40
	0,02	38,53
	0,03	0,00

EK-1B. Barit ile Yapılan Yağ Aglomerasyonu Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar

Parametre		%, Verim
pH	3	0,00
	4	27,33
	5	89,17
	6	86,17
	6,7	86,50
	7	87,33
	8	89,83
	9	91,83
	10	95,00
	10,5	90,67
	11	4,67
	12	0,00
Karıştırma Hızı, dev/dak	1000	9,33
	1100	21,67
	1200	32,67
	1300	53,67
	1400	77,67
	1500	95,00
	1600	94,83
	1700	94,33
	1800	94,67
	1900	92,17
Bağlayıcı Sıvı Miktarı (Gazyağı, L/ton)	50	9,17
	60	23,33
	70	54,83
	80	95,00
	90	94,33
	100	93,67
	120	94,67
Toplayıcı Miktarı (Na-Oleat, kg/ton)	0	0,00
	1	66,00
	2	92,33
	3	93,83
	4	93,67
	5	95,17
	6	95,67
	7	97,00
	8	95,67
	9	95,17

Katı Oranı, %	2	93,83
	5	97,85
	10	9,27
	15	4,57
	20	5,49
	25	0,13
Aglomerasyon Süresi, dak (Na-Oleat: 3 kg/ton)	0	0,00
	0,5	75,47
	1	92,80
	2	98,07
	3	98,00
	4	97,60
	5	97,85
	10	97,93
Reaktif Karıştırma Süresi, dak	0,5	95,93
	1	98,27
	2	98,07
	3	97,00
	4	98,07
	5	97,85
Kondisyon Süresi, dak	1	95,27
	2	97,20
	3	95,13
	4	96,67
	5	98,27
Na-DDS Miktarı, kg/ton (Gazyağı: 80 L/ton)	2	0,00
	3	40,79
	4	64,27
	5	87,27
	6	89,27
	7	90,53
	8	94,73
	9	95,40
	10	91,53
Aglomerasyon Süresi, dak (Na-DDS: 9 kg/ton)	0	0,00
	1	3,27
	2	9,80
	3	52,27
	4	93,33
	5	95,40

n-Heptane Miktarı, L/ton (Na-Oleat: 3 kg/ton)	50	0,67
	60	3,13
	70	8,33
	80	53,27
	90	86,40
	100	87,07
Aglomerasyon Süresi, dak (n-Heptane: 90 L/ton)	0	0,00
	0,5	60,87
	1	89,27
	2	93,27
	3	92,87
	4	89,67
	5	86,40
	10	90,47
n-Heptane Miktarı, kg/ton (Na-DDS: 9 kg/ton)	60	0,00
	70	1,27
	80	89,27
	90	90,80
	100	73,07
Aglomerasyon Süresi, dak (Na-DDS: 9 kg/ton) (n-Heptane: 90 L/ton)	0	0,00
	1	6,80
	2	11,13
	3	90,87
	4	92,73
	5	90,80
	10	92,53
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	0	98,07
	10	95,87
	20	92,07
	30	30,13
	32	11,07
	34	0,33
	36	0,00
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0	98,07
	0,1	81,87
	0,5	44,80
	1,0	21,73
	1,1	0,00

Dekstrin Miktarı, kg/ton	0	98,07
	0,1	97,53
	1	97,33
	2	95,67
	5	83,93
	10	64,47
	15	28,07
	20	22,87
	30	17,67
	35	0,00
EDTA Miktarı, kg/ton	0	98,07
	1	94,33
	5	92,40
	6	92,47
	6,5	3,73
	7	0,00
Quebracho Miktarı, kg/ton	0	98,07
	0,05	96,73
	0,10	93,40
	0,15	1,27
	0,16	0,00

EK-1C. Kalsit ile Yapılan Yağ Aglomerasyonu Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar

Parametre	% Verim
pH	9
	4,17
	9,8
	5,50
	9,9
	47,17
Karıştırma Hızı, dev/dak	10
	78,33
	11
	69,50
	12
	25,50
Bağlayıcı Sıvı Miktarı (Gazyağı, L/ton)	1300
	0,00
	1400
	21,83
	1500
	78,33
Toplayıcı Miktarı (Na-Oleat, kg/ton)	1600
	89,33
	1700
	88,50
	1800
	84,00
Katkı Oranı, %	1900
	77,50
	100
	10,17
	110
	17,67
Katkı Oranı, %	120
	32,83
	130
	49,00
	140
	72,17
Katkı Oranı, %	150
	85,67
	160
	89,83
	170
	92,50
Katkı Oranı, %	180
	94,00
	190
	94,33
	6
	1,67
Katkı Oranı, %	7
	46,50
	8
	74,00
	9
	90,50
Katkı Oranı, %	10
	94,00
	11
	82,17
	12
	76,00
Katkı Oranı, %	13
	64,00
	2
	94,00
	5
	93,10
Katkı Oranı, %	8
	75,13
	10
	17,60

Aglomerasyon Süresi, dak	0	0,00
	1	63,47
	2	78,33
	3	89,20
	5	93,10
	10	71,20
Reaktif Karıştırma Süresi, dak	1	93,10
	2	89,07
	3	87,47
	4	83,73
	5	82,00
Kondisyon Süresi, dak	1	87,60
	2	94,13
	3	91,60
	4	91,33
	5	93,10
n-Heptane Miktarı, L/ton (Na-Oleat: 10 kg/ton)	110	0,40
	120	2,53
	130	8,27
	140	54,53
	150	82,87
	160	87,40
	170	87,80
	180	82,00
	190	70,13
	200	55,40
Aglomerasyon Süresi, dak (n-Heptane: 160 L/ton)	0	0,00
	0,5	34,47
	1	75,33
	2	82,53
	3	85,40
	4	87,60
	5	87,40
	10	79,87
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	0	94,13
	1	88,40
	1,1	31,53
	1,2	20,80
	1,4	9,53
	1,6	0,00

Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0	94,13
	0,5	83,20
	0,6	71,87
	0,8	16,07
	0,9	2,73
	1,0	0,00
Dekstrin Miktarı, kg/ton	0	94,13
	0,1	96,80
	0,2	94,93
	0,3	91,13
	0,4	8,87
	0,5	0,00
EDTA Miktarı, kg/ton	0	94,13
	1	97,20
	5	97,07
	6	94,93
	6,5	80,60
	6,6	2,20
	7	0,00
Quebracho Miktarı, kg/ton	0	94,13
	0,01	94,73
	0,02	89,67
	0,03	29,40
	0,04	0,00

EK-1D. Barit ve Kalsit Karışımlarıyla Yapılan Aglomerasyon Deneylerinden Elde Edilen Sonuçları

Parametre		Tenör, %	Verim, %
Barit Oranı, %	25	25,11	93,33
	50	83,84	70,58
	75	75,81	91,11
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	0	83,84	70,58
	0,1	90,24	24,67
	0,3	93,13	19,87
	0,5	0,00	0,00
Barit Oranı, % (Na-Silikat: 0,1 kg/ton)	25	0,00	0,00
	50	90,24	24,67
	75	91,64	84,80
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0	83,84	70,58
	0,05	56,06	46,27
	0,075	0,00	0,00
Barit Oranı, % (Sitrik Asit: 0,05 kg/ton)	25	0,00	0,00
	50	56,06	46,27
	75	84,63	80,27
Dekstrin Miktarı, kg/ton	0	83,84	70,58
	0,1	98,21	22,00
	0,5	99,25	17,73
	1	98,46	8,53
Barit Oranı, % (Dekstrin: 0,1 kg/ton)	25	98,55	18,13
	50	98,21	22,00
	75	90,45	71,56
EDTA Miktarı, kg/ton	0	83,84	70,58
	1	60,36	45,07
	2	57,60	69,20
Barit Oranı, % (EDTA: 1 kg/ton)	25	0,00	0,00
	50	60,36	45,07
	75	81,77	92,89
Quebracho Miktarı, kg/ton	0	83,84	70,58
	0,025	92,98	21,20
	0,05	83,50	34,40
	0,075	91,78	61,07
	0,1	98,82	11,20
	0,125	0,00	0,00
Barit Oranı, % (Quebracho: 0,075 kg/ton)	25	81,82	4,80
	50	91,78	61,07
	75	82,06	94,67

EK-1E. Selestit ve Kalsit Karışımlarıyla Yapılan Aglomerasyon Deneylerinden Elde Edilen Sonuçları

Parametre		Tenör, %	Verim, %
pH	7	0,00	0,00
	7,5	38,16	73,73
	8	47,49	83,33
	8,5	49,08	92,93
	9	49,13	82,80
	10	49,64	73,60
	11	49,27	67,87
	12	49,10	65,60
Selestit Oranı, %	25	24,62	60,53
	50	49,08	92,93
	75	76,29	28,89
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	0	49,08	92,93
	0,2	48,65	68,97
	1,8	48,09	52,13
	4	47,97	22,00
Selestit Oranı, % (Na-Silikat: 0,2 kg/ton)	25	22,29	10,40
	50	48,65	68,97
	75	71,59	5,60
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0	49,08	92,93
	0,1	49,35	55,47
	0,5	51,43	38,27
	1	50,48	20,93
	1,5	44,44	0,53
	2	0,00	0,00
Selestit Oranı, % (Sitrik Asit: 0,1 kg/ton)	25	0,00	0,00
	50	49,35	55,47
	75	0,00	0,00
Dekstrin Miktarı, kg/ton	0	49,08	92,93
	0,1	50,24	56,67
	0,3	51,13	42,13
	0,5	0,00	0,00
Selestit Oranı, % (Dekstrin: 0,1 kg/ton)	25	0,00	0,00
	50	50,24	56,67
	75	69,98	26,31

EDTA Miktarı, kg/ton	0	49,08	92,93
	0,5	49,29	60,27
	1	48,88	52,27
Selestite Oranı, % (EDTA: 0,5 kg/ton)	25	22,86	64,00
	50	49,29	60,27
	75	74,02	78,76
Quebracho Miktarı, kg/ton	0	49,08	92,93
	0,01	48,95	90,53
	0,025	48,97	85,33
	0,05	49,34	79,47
	0,075	0,00	0,00
Selestite Oranı, % (Quebracho: 0,010 kg/ton)	25	24,62	52,00
	50	48,95	90,53
	75	68,89	37,60

EK-2A. Selestite ile Yapılan Temas Açısı Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen “cos θ ” Değerleri

Metil Alkol (Hacimce),%		100,0	79,12	55,81	29,63	0,00	γ_c
Yüzey Gerilimi, dyne/cm		21,58	26,57	34,58	46,49	72,78	
Parametre		cos θ					
pH	3	1,000	0,906	0,53	-0,199	-0,233	24,47
	5	1,000	0,914	0,358	0,061	-0,216	25,39
	7	1,000	0,927	0,367	0,026	-0,131	25,96
	9	1,000	0,906	0,208	-0,139	-0,174	25,67
	11	1,000	0,921	0,485	-0,017	-0,259	25,14
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	2	1,000	0,910	0,530	0,026	0,216	25,30
	4	1,000	0,895	0,276	-0,061	0,035	25,80
	6	1,000	0,927	0,225	-0,216	-0,035	25,67
	8	1,000	0,917	0,284	0,105	-0,148	25,72
	10	1,000	0,927	0,367	0,026	-0,131	25,96
	12	1,000	0,930	0,276	0,174	-0,009	26,14
Na-DDS Miktarı, kg/ton	5		1,000	0,961	0,895	0,895	27,20
	10		1,000	0,976	0,943	0,940	26,50
	20		1,000	0,964	0,959	0,943	26,08
	30		1,000	0,968	0,961	0,937	25,27
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	0,05	1,000	0,934	-0,105	-0,292	-0,309	26,11
	0,1	1,000	0,924	0,026	-0,423	-0,367	25,89
	0,2	1,000	0,917	0,131	-0,383	-0,122	25,48
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0,05	1,000	0,946	0,595	-0,044	-0,174	25,11
	0,1	1,000	0,964	0,242	-0,208	-0,165	26,07
	0,2	1,000	0,97	0,581	0,009	-0,131	26,00
Dekstrin Miktarı, kg/ton	0,1	1,000	0,924	0,537	-0,326	-0,301	24,67
	0,3	1,000	0,961	0,216	-0,165	-0,225	26,46
	0,5	1,000	0,988	0,375	-0,139	-0,259	26,62
EDTA Miktarı, kg/ton	5	1,000	0,903	0,415	-0,096	-0,358	25,14
	10	1,000	0,990	0,914	0,438	-0,358	26,87
	14		1,000	0,986	0,879	0,165	28,73
Quebracho Miktarı, kg/ton	0,01	1,000	0,983	0,462	-0,052	-0,026	27,74
	0,02	1,000	0,982	0,492	-0,044	0,044	26,19
	0,03	1,000	0,974	0,391	0,044	-0,026	26,34

EK-2B. Barit ile Yapılan Temas Açısı Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen “ $\cos \theta$ ” Değerleri

Metil Alkol (Hacimce),%		100,0	79,12	55,81	29,63	0,00	γ_c
Yüzey Gerilimi, dyne/cm		21,58	26,57	34,58	46,49	72,78	
Parametre		cos θ					
pH	3	1,000	0,934	0,191	-0,446	-0,588	26,15
	5	1,000	0,891	-0,105	-0,492	-0,500	25,86
	7	1,000	0,755	-0,061	-0,515	-0,485	24,73
	9	1,000	0,749	-0,070	-0,500	-0,588	24,62
	10	1,000	0,866	-0,407	-0,423	-0,559	25,94
	12	1,000	0,930	0,629	0,250	-0,309	25,03
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	1	1,000	0,783	0,044	-0,233	-0,309	25,02
	2	1,000	0,853	-0,276	-0,515	-0,522	25,93
	3	1,000	0,866	-0,407	-0,423	-0,559	25,94
	5	1,000	0,866	-0,113	-0,431	-0,500	25,77
Na-DDS Miktarı, kg/ton	2		1,000	0,930	0,656	0,656	26,97
	4	1,000	0,988	0,688	-0,131	-0,035	25,29
	6	1,000	0,976	0,595	-0,317	-0,522	25,05
	8	1,000	0,946	0,399	-0,407	-0,469	25,77
	10	1,000	0,970	0,423	-0,156	-0,530	26,28
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	10	1,000	0,940	0,113	-0,250	-0,367	26,37
	20	1,000	0,921	0,317	0,148	-0,284	25,98
	30	1,000	0,988	0,581	0,000	-0,225	26,33
	36	1,000	0,990	0,415	0,035	-0,165	26,44
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0,1	1,000	0,921	0,000	-0,367	-0,623	25,93
	0,5	1,000	0,883	-0,061	-0,367	-0,334	25,72
	1,0	1,000	0,895	-0,078	-0,399	-0,431	25,75
	1,2	1,000	0,934	0,000	-0,342	-0,438	26,09
Dekstrin Miktarı, kg/ton	1	1,000	0,954	0,174	-0,391	-0,676	26,14
	5	1,000	0,934	-0,009	-0,522	-0,595	25,92
	10	1,000	0,943	0,044	-0,276	-0,469	26,25
	20	1,000	0,970	0,191	-0,375	-0,469	26,34
	30	1,000	0,988	0,309	-0,017	-0,515	26,57
EDTA Miktarı, kg/ton	1	1,000	0,978	0,559	-0,301	-0,399	26,07
	5	1,000	0,988	0,725	0,070	-0,267	26,44
	6	1,000	0,988	0,883	0,113	-0,044	25,67
	7	1,000	0,996	0,940	-0,009	0,000	25,54
Quebracho Miktarı, kg/ton	0,05	1,000	0,903	0,267	-0,423	-0,643	25,65
	0,10	1,000	0,819	-0,148	-0,508	-0,616	25,29
	0,15	1,000	0,927	0,367	-0,566	-0,643	25,72
	0,16	1,000	0,924	0,087	-0,462	-0,643	25,82

EK-2C. Kalsit ile Yapılan Temas Açısı Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen “ $\cos \theta$ ” Değerleri

Metil Alkol (Hacimce),%		100,0	79,12	55,81	29,63	0,00	γ_c
Yüzey Gerilimi, dyne/cm		21,58	26,57	34,58	46,49	72,78	
Parametre		cos θ					
pH	9	1,000	0,663	-0,358	-0,588	-0,616	24,61
	10	1,000	0,760	-0,165	-0,530	-0,574	25,22
	11	1,000	0,676	-0,122	-0,623	-0,602	24,13
	12	1,000	0,743	-0,208	-0,462	-0,676	25,06
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	6	1,000	0,719	-0,25	-0,423	-0,595	24,80
	8	1,000	0,743	-0,259	-0,602	-0,595	24,95
	10	1,000	0,772	-0,233	-0,515	-0,609	25,22
	12	1,000	0,731	-0,35	-0,595	-0,545	25,01
Na-DDS Miktarı, kg/ton	10			1,000	0,993	0,982	33,82
	20			1,000	0,995	0,974	34,22
	30		1,000	0,988	0,946	0,951	26,37
	40		1,000	0,988	0,964	0,956	26,55
Na-Silikat Miktarı, kg/ton	1,0	1,000	0,887	-0,415	-0,423	-0,399	26,00
	1,1	1,000	0,843	-0,174	-0,35	-0,122	25,56
	1,2	1,000	0,793	-0,078	-0,342	-0,334	25,00
	1,4	1,000	0,760	0,035	-0,391	-0,367	24,30
	1,6	1,000	0,875	-0,301	-0,454	-0,165	25,87
Sitrik Asit Miktarı, kg/ton	0,5	1,000	0,695	0,017	-0,087	-0,391	24,07
	0,7	1,000	0,799	0,044	-0,462	-0,423	24,89
	0,8	1,000	0,669	0,131	-0,423	-0,462	22,03
	1,0	1,000	0,602	-0,156	-0,174	-0,358	23,91
Dekstrin Miktarı, kg/ton	0,1	1,000	0,788	-0,216	-0,545	-0,623	25,31
	0,3	1,000	0,766	-0,182	-0,438	-0,588	25,28
	0,5	1,000	0,793	0,061	-0,334	-0,602	24,73
EDTA Miktarı, kg/ton	1	1,000	0,834	-0,078	-0,552	-0,276	25,37
	5	1,000	0,719	0,026	-0,423	-0,602	24,31
	6	1,000	0,857	-0,113	-0,462	-0,649	25,65
	7	1,000	0,899	0,052	-0,485	-0,326	25,60
Quebracho Miktarı, kg/ton	0,01	1,000	0,829	-0,174	-0,423	-0,695	25,45
	0,02	1,000	0,866	-0,035	-0,383	-0,602	25,76
	0,03	1,000	0,809	-0,087	-0,574	-0,559	25,42
	0,04	1,000	0,695	0,009	-0,208	-0,574	24,13

EK-3A. Selestit ile Yapılan Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar

Parametre		Zeta Potansiyeli, mV
pH (Toplayıcısız)	3	8,19
	5	-12,53
	7	-12,16
	9	-11,88
	11	-11,14
pH (10 kg/ton Na-Oleat)	3	-40,13
	5	-40,50
	7	-36,00
	9	-35,78
	11	-43,61
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	2	-27,93
	4	-33,70
	6	-33,18
	8	-31,38
	10	-36,00
	12	-36,67
Na-DDS Miktarı, kg/ton	5	-15,93
	10	-25,97
	20	-35,15
	30	-40,08

EK-3B. Barit ile Yapılan Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar

Parametre		Zeta Potansiyeli, mV
pH (Toplayıcısız)	3	13,64
	5	11,69
	7	-17,41
	9	-22,94
	11	-26,51
pH (3 kg/ton Na-Oleat)	3	-34,53
	5	-37,84
	7	-27,18
	9	-43,11
	10	-51,37
	12	-50,84
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	1	-44,48
	2	-40,13
	3	-51,37
	5	-49,36
Na-DDS Miktarı, kg/ton	2	-22,44
	4	-31,40
	6	-36,90
	8	-42,32
	10	-38,63

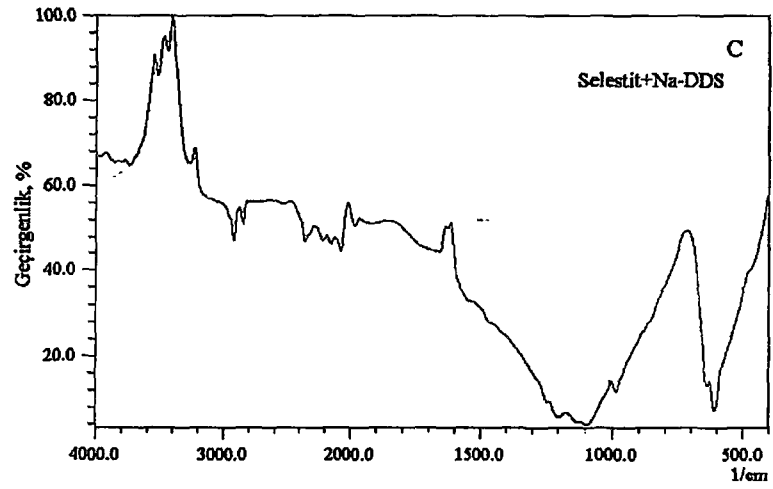
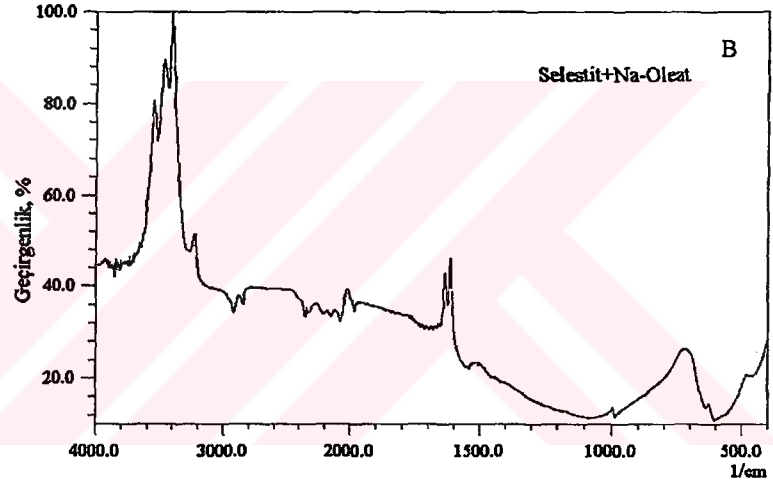
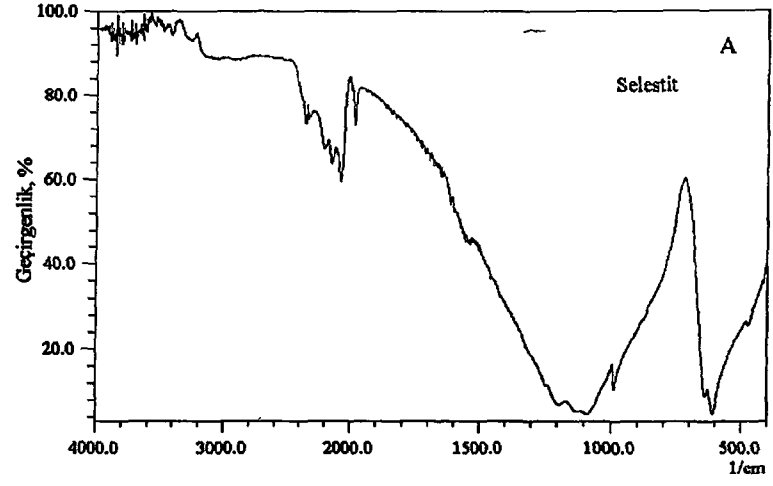
EK-3C. Kalsit ile Yapılan Zeta Potansiyeli Ölçüm Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar

Parametre	Zeta Potansiyeli, mV
pH (Toplayıcısız)	9
	10
	11
	12
pH (10 kg/ton Na-Oleat)	9
	10
	11
	12
Na-Oleat Miktarı, kg/ton	6
	8
	10
	12
Na-DDS Miktarı, kg/ton	10
	20
	30
	40

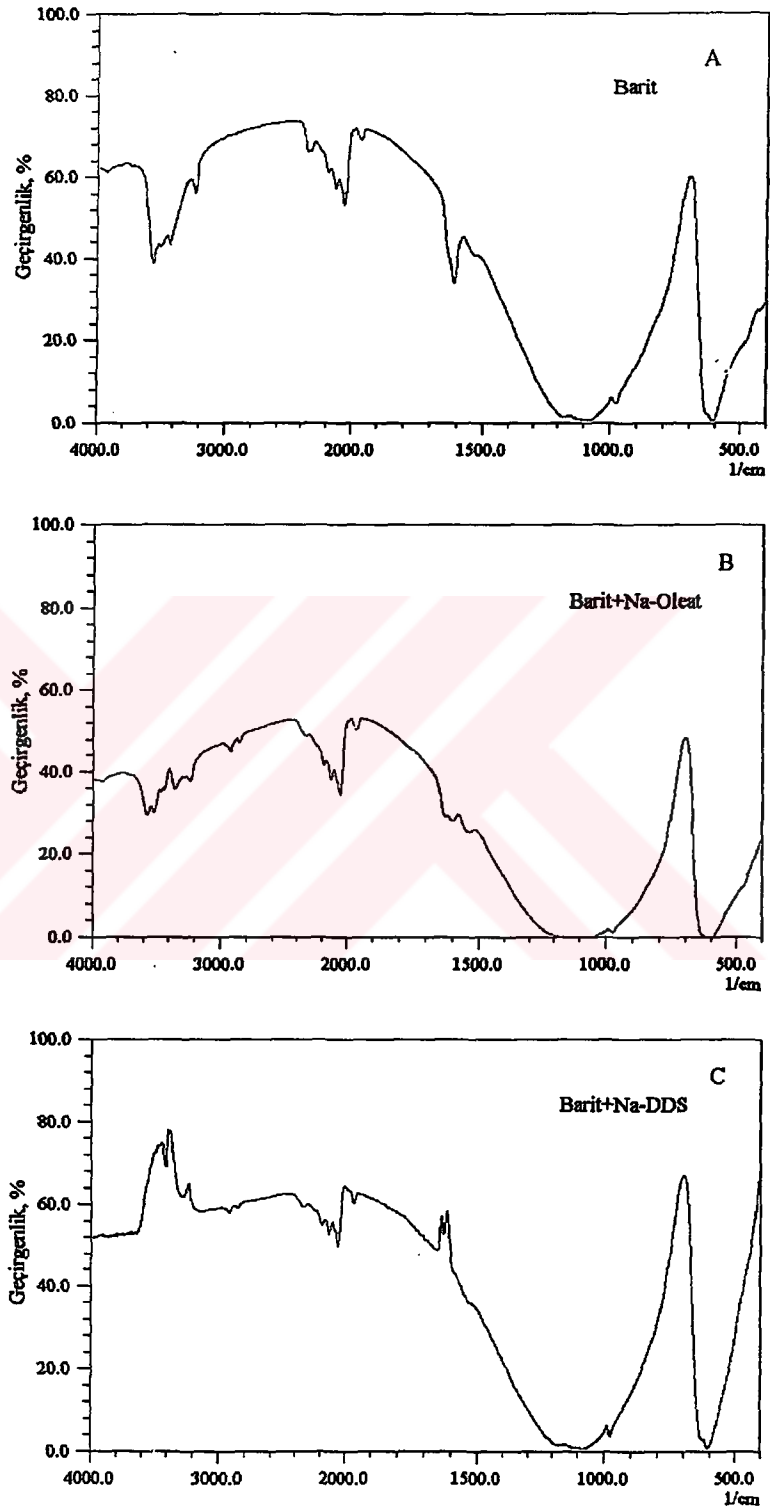
EK-4. Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) Sonuçları

Yağ aglomerasyonu deneyleri ile optimum koşullar belirlendikten sonra, selestit, barit ve kalsitin tekli mineral olarak ve selestit+kalsit ve barit+kalsit mineral karışımlarındaki süspansiyondaki bazı katyonların miktarı Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) ile ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir,

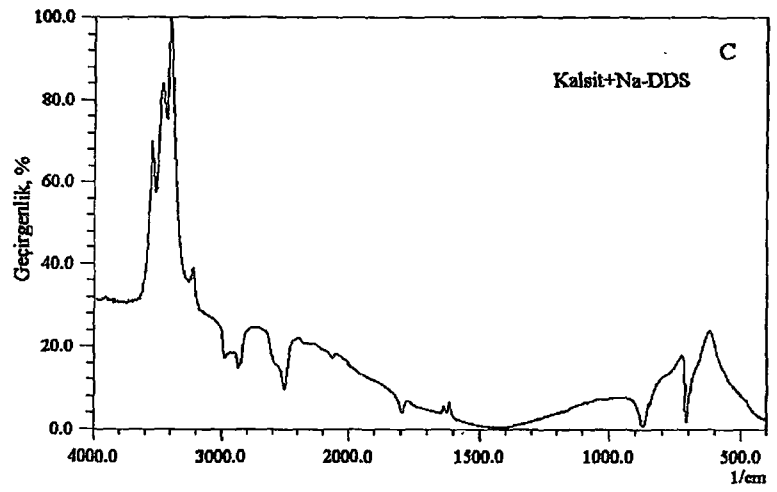
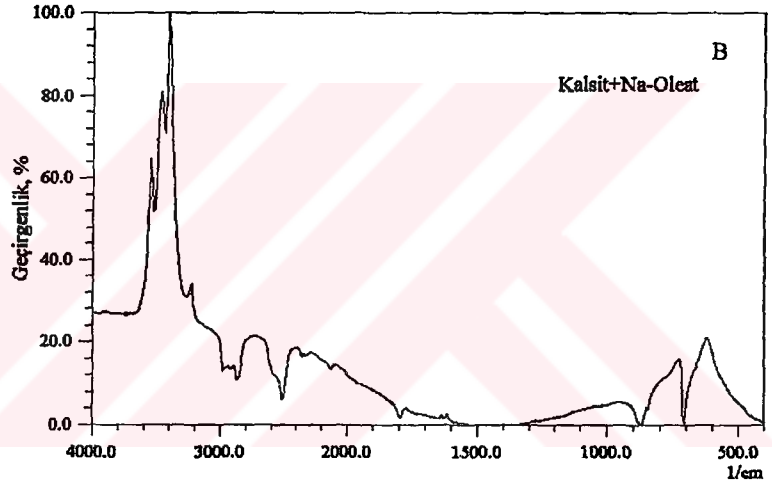
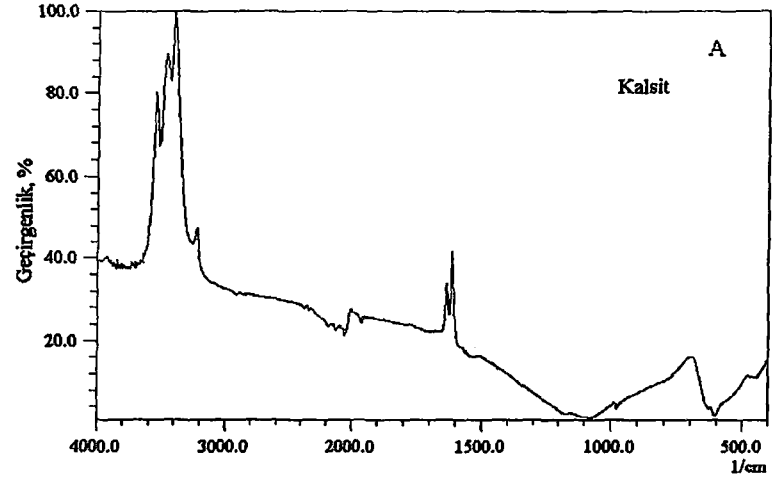
Numune	Parametreler pH; kondisyon süresi (dak) + toplayıcı karıştırma süresi (dak); toplayıcı miktarı (kg/ton)	Element (ppm)			
		Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Sr ⁺²
Selestit	pH: 6,7; 5	0,32	173,42	0,29	28,68
Selestit	pH: 7; 5	0,29	170,95	0,29	24,53
Selestit	pH: 7; 5+1; Na-Oleat: 10	10,54	145,88	0,25	21,13
Selestit	pH: 7; 5+1; Na-DDS: 30	30,40	115,27	0,53	21,88
%50Selestit+%50Kalsit	pH: 8,5; 5	0,28	102,32	0,24	26,79
%50Selestit+%50Kalsit	pH: 8,5; 5+1; Na-Oleat: 10	10,68	73,97	0,23	24,15
Barit	pH: 6,6; 2	0,08	1,21	0,03	0,83
Barit	pH: 10; 2	4,56	0,43	0,01	0,49
Barit	pH: 10; 2+1; Na-Oleat: 3	6,75	0,43	-	0,26
Barit	pH: 10; 2+1; Na-DDS: 9	13,18	0,45	0,01	0,49
%50Barit+%50Kalsit	pH: 10; 2	4,88	1,01	0,03	0,30
%50Barit+%50Kalsit	pH: 10; 2+1; Na-Oleat: 3	9,55	3,29	0,05	0,34
Kalsit	pH: 9; 2	0,11	5,34	0,14	0,11
Kalsit	pH: 10; 2	4,58	1,40	0,04	0,11
Kalsit	pH: 10; 2+1; Na-Oleat: 10	12,34	2,67	0,04	0,04
Kalsit	pH: 10; 2+1; Na-DDS: 40	36,12	2,81	0,12	0,11



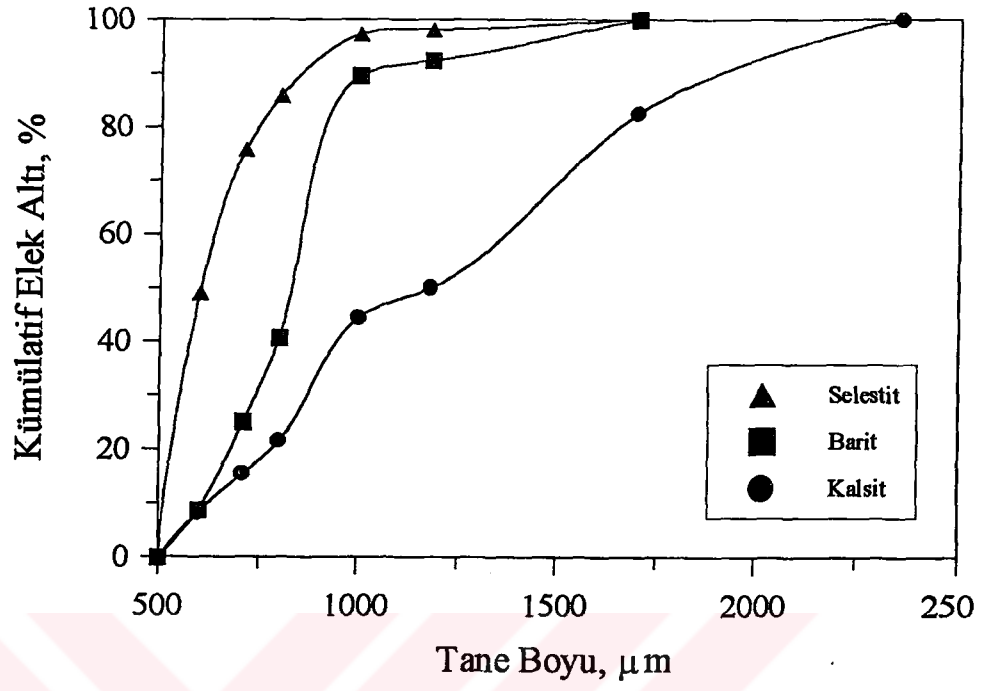
EK-5. Selestitin FTIR Grafikleri (A: Selestit; B: Selestit+Na-Oleat; C: Selestit+Na-DDS)



EK-6. Baritin FTIR Grafikleri (A: Barit; B: Barit+Na-Oleat; C: Barit+Na-DDS)



EK-7. Kalsitin FTIR Grafikleri (A: Kalsit; B: Kalsit+Na-Oleat; C: Kalsit+Na-DDS)



EK-8. Optimum Koşullarda Elde Edilen Aglomeratların Elek Analizi Sonuçları.