

50932

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

I.KARBONATLAMA ÇAMURUNUN SÜZÜLMESİ VE OPTİMUM
KOŞULLARIN ARAŞTIRILMASI

Hasan TOĞRUL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Yöneticisi: Doç.Dr.Nurhan ARSLAN

1996
ELAZIĞ

50932

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

I.KARBONATLAMA ÇAMURUNUN SÜZÜLMESİ VE OPTİMUM
KOŞULLARIN ARAŞTIRILMASI

Hasan TOĞRUL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, Tarihinde Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı /Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman:

Doç.Dr. Nurhan ARSLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

1. Karbonatlama Çamurunun Süzülmesi Ve Optimum Koşulların Araştırılması

Hasan TOĞRUL

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

1996, Sayfa 91

1. karbonatlama çamurlu şerbetinin sabit basınçta süzülmesi ile elde edilen çamurun spesifik kek direncini belirlemek amacıyla çeşitli sıcaklık (70 °C, 80 °C, 85 °C) ve süzme basınçlarında (200 mmHg, 300 mmHg, 400 mmHg) vakum filtrasyonu uygulanmış, süzme işlemi sırasında kek direncinin basınçla çok değiştiği ve kekin sıkıştırılabilir bir kek olduğu anlaşılmıştır. Sıkıştırılabilirlik faktörleri 70 °C, 80 °C, 85 °C için sırasıyla 0.45, 0.45, 0.50 olarak hesaplanmıştır. 1. karbonatlama çamurunun süzülmesi sırasında süzme hızı sıcaklığın artmasıyla artmıştır. Süzme işlemini kolaylaştırmak amacıyla süzme yardımcı maddesi olarak kizelgur ve perlit kullanılmıştır. Ortalama spesifik kek direncine önkaplama miktarının

ve beslemeye katkı konsantrasyonunun etkileri de incelenmiştir. Önkaplama ve beslemeye katkı tekniğinin birlikte uygulandığı deneylerde daha düşük ortalama spesifik kek dirençleri elde edilmiştir. Ayrıca deneylerde kullanılan filtrasyon düzeneği de ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Süzme, I.Karbonatlama Çamuru, Kizelgur, Perlit, Ortalama Spesifik Kek Direnci



TEŞEKKÜR

Tez konumun seçiminde, çalışmalarımın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında değerli bilgi ve önerileriyle katkıda bulunan tez hocam sayın Doç. Dr Nurhan ARSLAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Elazığ şeker fabrikasından numune ve Malatya şeker fabrikasından süzme yardımcı maddesinin temini için gerekli iznin alınmasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Fikret TÜMEN' e ve Bölüm Başkanımız sayın Prof. Memnune BİLDİK' e teşekkürlerimi sunarım.

Numunenin sağlanmasında yardımcı olan Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Elazığ Şeker Fabrikası Müdürlüğü personeline, yakın ilgisini gördüğüm Elazığ Şeker Fabrikası işletme mühendislerinden Kimya Mühendisi Safi KESİMCİ' ye, numunenin alınmasında yardımcı olan Elazığ Şeker Fabrikası laboratuvar çalışanlarına, süzme yardımcı maddesinin temininden dolayı Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Malatya Şeker Fabrikası Müdürlüğü personeline, deney düzeneğinin çelik dökümünü yapan Ark Çelik döküm atölyesi çalışanlarına, deney düzeneğinin torna tesviye işlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Elazığ Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi bölüm şefi öğretmen Yılmaz IŞIKAN' a teşekkür ederim.

SUMMARY

Master Thesis

Filtration of First Carbonatation Sludge and Investigation of Optimum Conditions


Hasan TOĞRUL

University of Firat
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Chemical Engineering
1995, Page 91

Vacum filtration was applied at different temperatures (70 °C, 80 °C, 85 °C) and filtration pressures such as 200 mmHg, 300 mmHg, 400 mmHg to determine the average spesifik cake resistance of mud obtained from the constant pressure filtration of 1st carbonatation sludge. Average spesific cake resistance was highly dependent on the filtration pressure, which indicates that 1st carbonatation sludge form compressible cakes. The cake compressibility coefficients at 70 °C, 80 °C, 85 °C were calculated as 0.45, 0.45, 0.50, respectively. During the filtration of 1st carbonatation sludge, filtration rate increases with increasing filtration temperature. Diatomaceous earth and perlitte were used as filter aid to increase filtration efficiency.

The effects of the amount of precoating and body feed concentration on average specific cake resistance were also studied. The lowest average specific cake resistance was obtained with precoating-body feed technique. The equipment used to measure average specific cake resistance was also discussed.

Key Words: Filtration, 1st Carbonatation Sludge, Diatomaceous Earth, Perlite, Average Specific Cake Resistance



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	I
SUMMARY.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER.....	VIII
TABLolar.....	XIII
SİMGELER.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2.ŞEKER PANCARININ FABRİKASYONU.....	3
3. FİLTASYON.....	6
3.1. Filtrasyon ve Tanımı.....	6
3.2. Süzme yi Etkileyen Faktörler.....	6
3.2.1. Tane iriliği.....	6
3.2.2. Tanelerin şekli.....	7
3.2.3. Katı madde miktarı.....	7
3.2.4. Sıcaklık	8
3.2.5. Basınç ve vakum.....	8
3.3. Süzme Ortamı.....	9
3.4. Süzme Yardımcı Maddeleri.....	11
3.5. Sistemdeki Basınç Kaybı.....	16
3.6. Basınca ve Akışa Göre Filtrasyon.....	18
3.7. Süzme Teorisi.....	19

3.7.1. Sabit basınç filtrasyonu.....	26
3.7.2. Sabit hız filtrasyonu.....	27
3.7.3. Filtrasyon periyodu.....	28
3.7.4. Sıkıştırılabilir filtre kekleri.....	29
3.7.5. Konuyla ilgili çalışmalar.....	30
4. MATERYAL VE METOD.....	33
4.1. Materyal.....	33
4.2. Metod.....	34
4.2.1. Çamuru şerbet bileşimi.....	34
4.2.1.1. Polar şeker tayini.....	34
4.2.1.2. Brix tayini.....	34
4.2.2. Sulu şerbetin sabit basınç filtrasyonu.....	35
5. SONUÇLAR.....	39
5.1. Polar Şeker ve Brix Miktarı.....	39
5.2. Süzme Basıncı ve Süzme Sıcaklığının Süzme Hızına Etkisi.....	39
5.3. Süzme Yardımcı Maddesinin Süzme Hızına Etkisi.....	46
5.3.1. Önkaplamanın süzme hızına etkisi.....	46
5.3.2. Beslemeye katkı işleminin süzme hızına etkisi.....	48
5.3.3. Önkaplama ve beslemeye katkı işlemlerinin birlikte uygulanmasının süzme hızına etkisi.....	53
6. KAYNAKLAR.....	68
7. EKLER	72

VIII

ŞEKİLLER

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Filtre tablası ve kekindeki basınç değişimi.....	17
Şekil 4.1. Filtrasyon düzeneğinin şematik gösterimi.....	35
Şekil 5.1. 70 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu serbet için filtrasyon eğrileri.....	39
Şekil 5.2. 80 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu serbet için filtrasyon eğrileri.....	40
Şekil 5.3. 85 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu serbet için filtrasyon eğrileri.....	40
Şekil 5.4. 70 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu serbet için dt/dV ' nin \bar{V} ile değişimi.....	41
Şekil 5.5. 80 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu serbet için dt/dV ' nin \bar{V} ile değişimi.....	41
Şekil 5.6. 85 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu serbet için dt/dV ' nin \bar{V} ile değişimi.....	42

Şekil 5.7. Kek direncinin süzme basıncı ile değişimi.....	45
Şekil 5.8. Kizelgur önkaplama miktarının spesifik kek direncine etkisi.....	47
Şekil 5.9. Perlit önkaplama miktarının spesifik kek direncine etkisi....	47
Şekil 5.10.Beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonunun kek kalınlığına etkisi.....	48
Şekil 5.11.Beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun kek kalınlığına etkisi.....	49
Şekil 5.12.Beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonunun spesifik kek direncine etkisi.....	49
Şekil 5.13.Beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun spesifik kek direncine etkisi.....	50
Şekil 5.14.Beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_j) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi.....	52
Şekil 5.15.Beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_j) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi	52

Şekil 5.16.Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi($-\Delta P=200$ mmHg).....	53
Şekil 5.17.Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi($-\Delta P=300$ mmHg).....	54
Şekil 5.18.Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi($-\Delta P=400$ mmHg).....	54
Şekil 5.19.Farklı beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında kizelgur önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi($-\Delta P=200$ mmHg).....	55
Şekil 5.20.Farklı beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında kizelgur önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi($-\Delta P=300$ mmHg).....	55
Şekil 5.21.Farklı beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında kizelgur önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi($-\Delta P=400$ mmHg).....	56
Şekil 5.22.Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemeye perlit katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)	56

Şekil 5.23.Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemeye perlit katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg).....	57
Şekil 5.24.Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemeye perlit katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg).....	57
Şekil 5.25.Farklı beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında perlit önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg).....	58
Şekil 5.26.Farklı beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında perlit önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg).....	58
Şekil 5.27.Farklı beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında perlit önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg).....	59
Şekil 5.28.Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_j) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=200$ mmHg).....	61

- Şekil 5.29.Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_1) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=300$ mmHg)..... 61
- Şekil 5.30.Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_1) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=400$ mmHg)..... 62
- Şekil 5.31.Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_1) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=200$ mmHg)..... 62
- Şekil 5.32.Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_1) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=300$ mmHg)..... 63
- Şekil 5.33.Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_1) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=400$ mmHg)..... 63

TABLOLAR

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1. Kizeigurun Fiziksel Özellikleri.....	33
Tablo 5.1. Değişik Basınç Farklarında ve Sıcaklıklarda Süzülen Çamurlu Şerbet İçin Elde Edilen Deneysel Veriler ve Hesaplanan Spesifik Kek Direnci (α) ve Eşdeğer Süzüntü Hacmi (V_e) değerleri.....	43
Tablo 5.2. Kek Direncinin Süzme Basıncı ile Değişimi.....	44
Tablo 5.3. Farklı Sıcaklıklarda α ve ν Sabitlerinin Değerleri	45

SİMGELER

- A : Akış yönüne dik kesit alanı (m^2)
- c : Birim süzüntü hacmi başına süzme ortamında biriken katı maddelerin kütlesi (kgm^{-3})
- c_i : Birim süzüntü hacmi başına süzme yardımcı maddeleri dışında süzme ortamında biriken katı maddelerin kütlesi (kgm^{-3})
- dV/dt : Süzme hızı (m^3s^{-1})
- D : Küresel parçacık çapı (m)
- h_f : Sürtünme kuvveti (N)
- k : Sabit (4.167)
- K_1 : Sabit ($Pasm^{-6}$)
- K_2 : Sabit ($Pasm^{-3}$)
- L : Filtre kekinin kalınlığı (m)

- L_0 : Süzme ortamı direncine eşdeğer direnci olan filtre kekinin kalınlığı (m)
- m : Yaş kek kütlelerinin kuru kek kütlelerine oranı
- M_c : Kek kütlesi (kg)
- P_a : Giriş basıncı (Pa)
- P_b : Çıkış basıncı (Pa)
- P_i : Filtre keki ve süzme ortamı arayüzeyindeki basınç (Pa)
- P_s : Stres basıncı (Pa)
- q : Hacimsel debi (m^3s^{-1})
- q_w : Yıkama hızı (m^3s^{-1})
- R : Toplam direnç (m^{-1})
- R_c : Kek direnci (m^{-1})
- R_m : Süzme ortamı direnci (m^{-1})

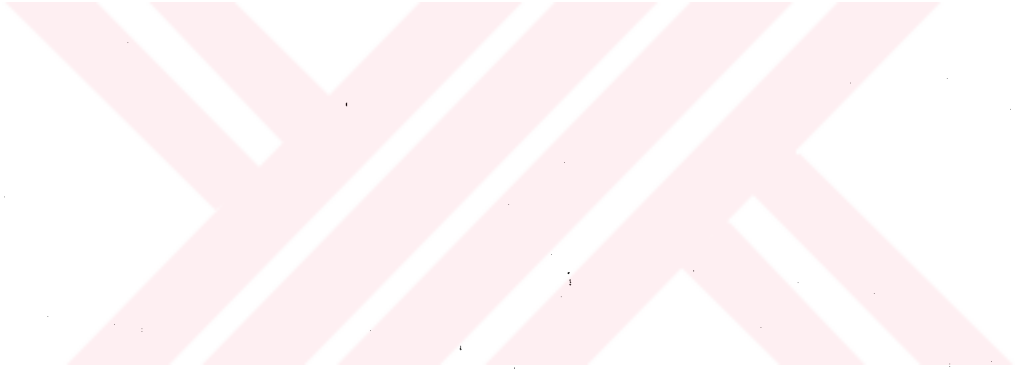
- s : Beslemedeki katının kütle kesri
- s' : Yaş kekteki katının kütle kesri
- S_p : Tek parçacığın yüzey alanı (m^2)
- S_v : Özgül yüzey (m^{-1})
- t : Süre (s)
- t_c : Toplam devir süresi (s)
- t_d : Yıkamadan sonra keki boşaltmak, kurutmak ve süzme ortamını temizlemek için geçen süre (s)
- t_w : Yıkama süresi (s)
- v : Süzüntünün laminer hızı (ms^{-1})
- V : Süzüntü hacmi (m^3)
- V_e : Eşdeğer süzüntü hacmi (m^3)
- V_p : Tek parçacığın hacmi (m^3)

- V_w : Yıkama sırasında toplanan süzüntü hacmi (m^3)
- x : Beslemedeki beslemeye katkılı süzme yardımcı maddesi
ağırlık kesri
- α : Ortalama spesifik kek direnci (mkg^{-1})
- α_i : Süzme yardımcı maddeleri dışında süzme ortamında biriken
katı maddelerin ortalama spesifik kek direnci (mkg^{-1})
- α_o : Birim süzme basıncındaki ortalama spesifik kek direnci
($mkg^{-1}Pa^{-\nu}$)
- β : Sabit
- $-\Delta P$: Süzme basıncı (Pa)
- $-\Delta P_c$: Filtre kekindeki basınç düşüşü (Pa)
- $-\Delta P_m$: Süzme ortamındaki basınç düşüşü (Pa)
- ϵ : Filtre kekinin gözenekliliği
- μ : Süzüntünün viskozitesi ($kgm^{-1}s^{-1}$)
- u : Kek sıkıştırılabilirlik katsayısı

u' : Sabit

ρ : Süzüntünün yoğunluğu (kgm^{-3})

ρ_s : Keki oluşturan katı parçacıkların yoğunluğu (kgm^{-3})



1. GİRİŞ

Katıların sıvılardan ayrılması ile ilgili problemler katıların özelliklerine ve karışımda bulunan katı-sıvı oranına bağlı olmak üzere farklı işlemlerle çözümlenebilir. Katının miktarı sıvıya oranla oldukça az ise filtrasyon işlemi uygulanır. Bir katı-sıvı karışımının gözenekli bir ortamdan geçirilerek sıvı içinde çözünmeyen maddelerin sıvıdan ayrılması işlemine filtrasyon adı verilir. Filtrasyonda itici güç basınç farkıdır. Çok ince yapıllı katıları içeren süspansiyonların süzülmesinde vakum uygulanır. Şeker tahrikalarında; çözündüğü zaman köpürmeyen, kolloidlerden ve bakterilerden arıtılmış homojen kristalli şeker üretebilmek için, şeker pişiriminde kullanılan şerbet ve klerelerin iyi bir şekilde süzülmesi zorunludur. Şekerde kalan yabancı maddeler, kristalizasyonu izleyen diğer işlemler sırasında da şekerden tamamen uzaklaştırılmazlar. Böyle bir şekerin sudaki çözeltisi bulanık olur. Bulanık bir şeker çözeltisi kaynatıldığında çok köpük yapar. Şerbet ve klerelerin kolloidlerinden ve bakterilerinden arıtılması ancak filtrelerde süzme yardımcı maddesi kullanarak mümkün olur.

Filtrasyon; sabit basınç filtrasyonu, sabit hız filtrasyonu ve değişken hız-değişken basınç filtrasyonu gibi çeşitli şekillerde uygulanabilir.

Süzme hızını tane iriliği, tanelerin şekli, katı madde miktarı, sıcaklık, basınç ve süzme alanı gibi çeşitli faktörler etkileyebilir.

Filtrasyon işleminde süzülecek sıvının yapısını bozmayan ve ekonomik olan çeşitli süzme ortamları kullanılır.

Bu çalışmanın amacı 1.karbonatlama çamurunun sabit basınçta vakum altında süzülmesi işleminde, sıcaklık ve süzme basıncının süzme hızına etkisini ve süzme yardımcı maddesi olarak kizelgur ve perlit kullanarak farklı süzme basınçlarında önkaplama miktarının ve beslemeye katkı konsantrasyonunun ortalama spesifik kek direncine etkisini incelemektir.



2. ŞEKER PANCARININ FABRİKASYONU

Şeker fabrikasına ya doğrudan çiftçi tarafından getirilen veya fabrikadan uzaktaki teslim alma merkezlerinden gönderilen pancar, pancar silolarına boşaltılır. Silolardaki pancar yüzdürme kanalı vasıtasıyla su akımı ile fabrikaya ulaştırılır. Pancar kanalı üzerinde, pancar akımını ayarlayan bir pancar ayar çarkı, fabrikaya pancarla birlikte gelmiş bulunan taşların ayıklanmasını sağlayan taş tutucular, ot ve yaprakların ayrılmasını sağlayan ot tutucular vardır.

Fabrikaya ulaşan pancar, pancar dolabıyla alınarak pancar yıkama teknesine aktarılır. Yıkama teknesinin çıkış tarafına ulaşan pancar bir elavatorle pancar bunkerine aktarılır. Daha sonra pancar bıçaklarına gelen pancar kesilerek kıyım haline getirilir, bir bant kantarında tartılır ve bir konveyör vasıtasıyla difüzyon kulesine iletilir. Difüzyon cihazlarında 73-75°C' deki sıcak su ile temas eden pancar kıyımlarındaki Şeker, konsantrasyonun yüksek olduğu bölgeden, konsantrasyonun düşük olduğu bölgeye yani sıcak suya geçer.

Difüzyon kulesinden alınan ham Şerbet gri siyah renkli, oldukça viskoz %12-17 arasında kuru madde içeren bir Şeker çözeltisidir. Difüzyon kulesinden alınan yaş küspe küspe preslerinde sıkıldıktan sonra hayvan yemi olarak kullanılır. Ham Şerbet, pancar kırıntıları ve doku parçacıklarından arındırılmak üzere çok ince metal süzgeçlerden geçirilir. Buna mekanik arıtım denir. Asıl arıtım kimyasal yöntemlerle yapılan arıtımdır. Şerbet arıtımı ile ulaşılmak istenen başlıca amaç, ham Şerbetteki çözünmüş veya kolloidal dispers maddeleri (Şeker dışı) mümkün olduğu kadar çöktürerek uzaklaştırmak ve böylece arıtılmış Şerbetlerde sakkarozun toplam kuru

maddede içindeki payını mümkün olduğu kadar yükseltmektir.

Ham şerbetin arıtılması kireçle yapılır. 1. kireçlemenin amacı, ham şerbetteki kolloidleri pıhtılaştırmak ve organik asitleri çözünmeyen kalsiyum tuzları halinde çöktürmektir. 1. kireçlemede ham şerbetin pH' sı kireç ilavesiyle 5.8-6.5' den 10.8-11.2' ye çıkarılır. 2. kireçlemede yüksek sıcaklık ve alkalitede invert şeker, amidler ve bir kısım amino asitler parçalanarak etkisiz hale gelirken termofil mikroorganizmalar da yok edilir. 2. kireçlemede gerekli yüksek pH değerini (pH=12.6) sağlamak için % 0.3-0.5 yeterli iken pratikte %1-1.5 oranında kireç verilerek saturasyonla ortamda ince dağılmış CaCO_3 partikülleri oluşturulur. Bu partiküller yardımıyla 1. kireçleme sonunda meydana gelen yapışkan çamur süzülebilir hale gelir.

2. kireçleme tamamlandıktan sonra şerbet içerisindeki kireç fazlasını CO_2 kullanarak CaCO_3 halinde çöktürmek için 1. saturasyon işlemi uygulanır ve pH 12.6' dan 11 civarına düşürülür. Karbonatlama şerbetindeki katı maddelerin uzaklaştırılması için yerçekimi ilkesinden faydalanarak çalıştırılan dekantörlerde çamurlu şerbet alttan, berrak şerbet ise merkezden ve üstten sürekli olarak çekilir. Alınan çamurlu şerbet döner filtreden geçirilerek çamurun büyük bir miktarı tutulur. Döner filtre şerbeti berrak şerbelle birleştirilerek torba filtrelerden geçirilir. Yapılan filtrasyon işlemi sonucu elde edilen sulu şerbette kalan kireci mümkün olduğu kadar uzaklaştırmak ve doğal alkalilik halinde bulunan alkali hidroksitleri karbonatlara çevirmek için 2. karbonatlama işlemi yapılır. 2. karbonatlama şerbeti slam preslerden süzülerek kaynatma ısıtıcılarında kaynatılır. Kaynatılan şerbet sulu şerbet filtrelerinden geçirilir. İşlemin bu

kademesinde % 12-15 oranında şeker ihtiva eden, içerisinde şeker dışı maddelerin büyük ölçüde uzaklaştırıldığı bir şerbet elde edilir.

Sulu şerbetin suyunun uçurulması şeker fabrikalarında sürekli iki kademe yapılr. Birinci kademe buharlaştırıcılarda Brix'i 14-15 olan şerbet koyulaştırmaya tabi tutularak 60-65 Brix' e koyulaştırılır. Bu Brix' e gelmiş şerbete koyu şerbet denir. Koyu şerbeti 93 Brix' e kadar yükseltmek ve lapa kıvamına getirmek için vakum buharlaştırıcılar kullanılır. Bu buharlaştırıcılar aynı zamanda bir kristalizatör görevi görürler. Santrifüjlerde kristaller şuruptan ayrılır, afinasyon ve rafinasyon işlemlerinden sonra piyasaya sevk edilir (Nouruzhan,1955; Schneider,1971; Çataltaş , 1985).

Çalışmamızda dekantörden çıkan döner filtre besleme şerbeti (çamurlu şerbet) filtrasyon amacıyla kullanılmıştır.

3. FİLTRASYON

3.1. Filtrasyon ve Tanımı

Herhangi bir katı-sıvı karışımının gözenekli bir ortamdan geçirilerek sıvı içinde çözünemeyen maddelerin sıvıdan ayrılması işlemine filtrasyon denir. Karışımın katı ve sıvı bileşenlerini birbirinden ayırmaya yarayan gözenekli ortama süzme ortamı, süzme ortamı üzerinde biriken katı maddelere filtre keki, süzülen sıvıya da filtrat (süzüntü) denir. Katı maddeler iri ya da çok küçük, sert ya da yumuşak, karışım sıcak ya da soğuk, filtrasyon işlemi ise vakum ya da basınç altında yapıyor olabilir. Süzülecek madde granül yapısında, kolaylıkla süzulebilen veya yapışma özelliği gösteren cinsten, süzme ortamını tıkayacak cinsten, sıkıştırılmaz veya sıkıştırılabilir kolloidler halinde bulunabilir (Perry ve Green, 1984).

3.2. Süzmeyi Etkileyen Faktörler

Süzmeyi olumlu veya olumsuz yönden etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bu faktörler, süzütünün berraklığı, süzme hızı, kek kalınlığı ve kekin sıkıştırılabilirlik özelliği üzerine etki eder.

3.2.1. Tane iriliği

Süzülerek ortamdan ayrılması istenen taneciklerin iriliği süzme üzerine çok etkilidir. Taneciklerin kaba olması ve sıkışmaya karşı dayanıklı olması süzmeyi kolaylaştırır. Çünkü bu tip taneler süzme maddesi üzerinde gözenekli ve kaba bir kek meydana getirirler. İnce taneciklerin ayrılması,

iri tanelerin aksine, çok güç olur. İnce taneler süzme ortamı üzerinde çok sıkı, taneler arasında gözenek olmayan bir kek meydana getirdiklerinden süzme işlemi çok yavaş gerçekleşir. Bunun sonucu olarak da süzme kapasitesi düşer (Taygun,1976).

3.2.2. Tanelerin şekli

Tanelerin kristal veya amorf yapıda olmaları çok önemlidir. Kristal taneler, eğer sert ve köşeli ise, süzme ortamı üzerinde kaba yapılı, gözenekli ve süzünüğü kolayca geçirebilen bir filtre keki meydana getirirler. Kristallerin yassı veya yaprak şeklinde olması süzmeyi güçleştirir. Viskoz maddeler süzme ortamının gözeneklerini çok çabuk tıkar ve süzme ortamının üzerinde çok ince ve süzünüğü geçirmeyen bir tabaka meydana getirirler. Bunun sonucu olarak da süzme işleminin devam etmesi hemen hemen imkansızlaşır. Bu gibi durumlarda ince taneleri daha kolay süzme yapabilecek kaba taneler haline getirmek için, ısıtma veya koagülasyonu kolaylaştırıcı hidrofil jel veya elektrolit maddeler ilave etme gibi işlemler yapılır. Şeker fabrikalarında şerbetlerin arıtılması için kullanılan kireçleme ve ısıtma işlemleri bu duruma uygun bir örnektir. Eğer çok ince kolloid tanecikleri süzme ortamı ile tutmak veya koagüle etmek mümkün değilse, besleme içerisine süzmeyi kolaylaştırıcı süzme yardımcı maddelerinin ilave edilmesi gereklidir (Taygun,1976).

3.2.3. Katı madde miktarı

Beslemedeki katı maddelerin miktarı süzme kapasitesi yönünden önemlidir. Fazla miktarda katı madde bulunduran beslemelerin tamamını süzmek güçtür. Bu nedenle katı maddelerin bir kısmını sedimentasyonla ön

ayırmaya tabi tutmak veya kaba bir ön süzme yapmak gerekir. Şeker fabrikalarında dekantörlerin kullanılması bu işlem için örnek olarak gösterilebilir. Beslemedeki kolloid tanelerin çökme hızını artırmak için hidrofilye jel veya elektrolit adı verilen çeşitli maddeler kullanılır. Hidrofil jel olarak nişasta, tutkal, agar-agar gibi yüksek moleküllü maddeler kullanılır. Kullanılan miktar süzüntüde bulunan katı madde miktarına göre en fazla % 0.005 kadardır. Bu amaçla tetrol gibi suni hidrofilye jeller de kullanılır. Bu işleme diğerye bir örnek olarak da suların temizlenmesinde demir ve alüminyum tuzlarının kullanılması gösterilebilir (Taygun,1976).

3.2.4. Sıcaklık

Beslemenin akışkanlığı sıcaklığın artması ile artar. Sulu süspansiyonlarda sıcaklığın 10 °C' den 40 °C' ye artırılması ile süzme hızı yaklaşık iki kat, 10 °C' den 70 °C' ye artırılması ile yaklaşık üç kat artar (Taygun,1976).

3.2.5. Basınç ve vakum

Basınç; süzme ortamı üzerindeki beslemenin kalınlığını artırarak, basınç altında çalışarak veya ters taraftan vakum uygulanarak sağlanır. Basıncın artırılması ile süzme hızı artar. Ancak basıncın çok yüksek tutulması bazı durumlarda ters etki yapabilir. Bu durum daha çok sıkışarak gözenekliliğini kaybeden kekler için önemlidir. Böyle durumlarda belirli bir basıncın üzerinde çalışmak sakıncalı olur. Şeker sanayiinde genellikle 2-4 atm. basınç altında çalışılır. Basınç yerine vakum altında çalışmakla da aynı sonuca varılabilir. Çok ince taneli çamurların süzülmesinde 70-130 mm Hg, orta ırılıktaki çamur tanelerinin süzülmesinde 400-500 mm Hg, iri

taneli ve sıkışmayan çamur tanelerinin süzülmesinde ise 600-700 mm Hg' lik vakum uygulanır (Taygun,1976).

3.3. Süzme Ortamı

İyi bir süzme yapabilmek için, kullanılan süzme maddesinde bulunan gözeneklerin büyüklüğü sıvı içinde bulunan katı maddelerin büyüklüğünden daha küçük olmalıdır. Kullanılan süzme maddelerinin cinsi kullanım amacına göre değişmektedir. Çünkü süzme maddesi süzülecek sıvının yapısını bozucu bir etki yapmamalıdır. Diğer taraftan ekonomik yönden de uygun olması gereklidir. Süzme maddesi olarak kullanılan maddeleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- 1- Delikli sac, tel elek, seramik elek
- 2- Dokuma
 - a. Metal dokuma
 - b. Doğal ve yapay elyafli dokuma
- 3- Keçeleştirilmiş tabakalar (kağıt, keçe, lastik, deri).
- 4- Gevşek dolgu maddeleri (kok, kum, talaş, kizelgur, amyant, kömür).
- 5- Gözenekli maddeler (seramik, cam, suni maddeler, metal ve lastikten yapılmış)
- 6- Deri veya membran (ultrafiltrasyon için)

Delikli Sac ve Elek Gibi Süzme Maddeleri: Delikli sac ve eleklerin kendileri süzme maddeleri olarak kullanıldığı gibi daha ince gözenekli süzme yardımcı maddelerini taşıyıcı olarak da kullanabilirler (örneğin; ince dokulu tel süzgeçler gibi). Elek veya delikli sacın yapılacağı malzeme kullanılma amacına göre seçilir. Örneğin porselen, değişik metal alaşımları

veya bunları asit ve bazlara karşı korumak için emaye ve lastik kaplama kullanılır. Delikli saçların şeker sanayiinde kullanılmasına örnek olarak, ham şerbetin süzülmesi için kullanılan pülp süzgeçlerini ve kireç sütünden kumu ayırmak için kullanılan koron süzgecini gösterebiliriz.

Dokunmuş Süzme Maddeleri: Dokunmuş süzme maddelerinin yapılmasında metal, doğal veya yapay lifler kullanılır. Dokunmuş süzme maddelerinin süzme aralıkları 50 mikrona kadar olabilir. Doğal elyafli dokumalarda pamuk, yün, keten ve ipek gibi maddeler kullanılır. Yapay elyaf olarak reyon, polythen (polimer-etilen), Pc-elyaf, orlon, naylon, perlon, terilen, cam ve amyant elyaflar kullanılır.

Keceleştirilmiş Süzme Maddeleri: Genellikle selüloz, pamuk ve asbest liflerinden yapılır. Bu lifler ince tabakalar haline getirilir ve sıvılarda bulanıklığı meydana getiren kolloidal büyüklükteki ince taneleri süzmek için kullanılır.

Gevşek Dolgu Maddeleri: Gevşek dolgu maddeli süzgeçlerde kum, kok parçaları ve iri kum taneleri kullanılır. İri kum tanelerinin büyüklüğü 3-60 mm, kum tanelerinin büyüklüğü ise 0.1-1.5 mm olarak seçilir.

Gözenekli Süzme Maddeleri: Gözenekli süzme maddeleri mikron derecesinde gözenekler içerir ve özel olarak yapılır. Perlit, kizelgur, amyant lifleri, kum ve cam elyafı gibi maddelerden, özel bağlayıcı maddeler kullanarak imal edilir. Bunlar da kolloid taneleri ortamdan ayırmak için kullanılır.

Deri ve Membran: Membran filtrelerin gözenekleri diğer süzme maddelerinin gözeneklerine kıyasla çok küçüktür. Gözeneklerin büyüklüğü

0.5-2.5 mikrondur. Bakterileri bile bu tip filtrelerle ayırmak mümkündür (Evranoz,1985; Bennett ve Myers, 1988).

3.4. Süzme Yardımcı Maddeleri

Süzme ortamı gözeneklerinin tıkanarak süzme hızının yavaşlaması en önemli işletme sorunlarından biridir. Süzme işlemi sırasında karşılaşılan diğer bir sorun ise süzünün istenilen berraklıkta elde edilememesidir. Bu sorunların çözümünde, süzme yardımcı maddeleri denen sert yapılı ince toz halindeki sıkıştırılmaz bir karaktere sahip maddelerden yararlanır. Süzme yardımcı maddelerinin esas görevi, süzme ortamı üzerinde gözenekli bir tabaka oluşturmaktır. Bu gözenekler çok küçük olduğundan şerbetin bulanıklığına neden olan kolloid maddeler bu tabakanın sağlandığı kanallar ve/veya boşluklarda tutulur. Böylece kolloid maddelerin süzme ortamının gözeneklerini tıkaması önlenir ve süzme süresi uzar.

Herhangi bir süzme yardımcı maddesinde aranan özellikler şunlardır:

- a- Süzme yardımcı maddesi, süzülecek sıvıyla kolayca karışabilmeli ve süzme işlemi süresince süspansiyon halinde kalmalıdır.
- b- Süzme yardımcı maddesi, süzülecek sıvıyla kimyasal reaksiyona girmemelidir.
- c- Süzme yardımcı maddesinde, süzülecek sıvının özelliklerini bozabilen çözünebilir tuzlar, organik maddeler, tad ve koku veren maddeler bulunmamalıdır.
- d- Süzme yardımcı maddesinin süzme ortamı üstünde meydana getirdiği tabaka, süzme işlemi sırasında uygulanan basınç altında sıkışmamalı ve geçirgenliğini uzun süre devam ettirebilmelidir.
- e- Süzme yardımcı maddesinin tanecikleri, mikroskopla gözlenebilen

irilikte, değişik şekillerde ve gözenekli olmalıdır. Ancak bu sayede, süzme yardımcı maddesinin oluşturduğu filtre kekinin geçirgenliği fazla, süzüntü akışına gösterdiği direnç az ve katı maddeleri tutma özelliği en fazla olur.

Ülkemizde zaman geçtikçe olumlu yönde değişen kalite anlayışı ve şekeri hammadde olarak kullanan endüstrilerin sayılarının artması, bugün daha kaliteli şeker üretimini zorunlu hale getirmiştir. Bu anlayış içerisinde kaliteli şeker üretimini gerçekleştirebilmek için, şeker teknolojisinde şerbet ve şurupların iyi bir süzme yardımcı maddesi filtrasyonuna tabi tutulması son derece önemli olmaktadır. En fazla kullanılan süzme yardımcı maddesi kizelgurdur. Kizelgur (diatomit) jeolojik zamanlarda 5 milyon yıl önceki miojen devrinde durgun sularda yaşayan tek hücreli bitkilerden yosun sınıfına ait diatomelerin silisli iskeletleridir. Bu iskeletler hemen hemen saf silisyum dioksitten ibaret olup çok küçük tanecikler halindedirler ve ancak mikroskopla rahat olarak görülebilirler. Kolloidlerin adsorplanmasına yarayacak çok geniş yüzeylere sahiptirler. Büyüklükleri ve şekilleri çok çeşitlidir. Büyüklükleri 3-100 mikron arasında değişir. Süzme kabiliyeti de büyüklüğüne bağlıdır. Küçük olanlar çok daha berrak süzme yaptıkları halde süzme hızı yavaştır. Büyük olanlar ise çabuk süzerler, fakat çok ince kolloidleri tutamazlar. Şekil olarak da çok çeşitlidir. Bugüne kadar 40 bin cins kizelgur bulunmuştur. Göllerin ve iç denizlerin zamanla kuruması sonucu buralarda bulunan kizelgurlar büyük yığınlar şeklinde yataklar meydana getirirler. Kizelgurun yapısının esasını silis oluşturur. Ancak doğada bulunan ham kizelgur değişik oranlarda organik ve anorganik maddelerle karışıktır. Anorganik maddelerin esasını demir, alüminyum ve kalsiyum oluşturur. Ham kizelgurun rengi içerdiği organik madde miktarına bağlı olarak beyazdan kahverengiye kadar değişir. Ham kizelgur doğada

bulunduğu şekliyle sanayide kullanılmaz. Kullanma amaçlarına göre saflaştırılması, aktifleştirilmesi ve sınıflandırılması gereklidir. Şeker sanayiinde süzme yardımcı maddesi olarak kullanılan kizelgurun da aktifleştirilmiş ve sınıflandırılmış olması zorunludur. Özellikle fazla miktarda demir içeren kizelgurların kullanılması sakıncalıdır. Kizelgurda bulunan demir şerbetlerde bulunan polifenoller ile renkli maddeler meydana getirdiğinden şerbetlerin renklenmesine neden olurlar.

Şerbetlerin ince filtrasyonunda kizelgurun şerbete karıştırılması üç şekilde olur. Bunlardan birincisi, filtre yüzeyinin bu maddelerle ince bir tabaka halinde kaplanmasıdır. Bu işlem, süzülecek maddede bulunan kolloidal parçacıkların süzme ortamının gözeneklerini tıkamasını ve süzme ortamının direncinin artmasını önler. Ayrıca filtrasyon işlemi sonunda filtre kekinin uzaklaştırılması işlemini kolaylaştırır. Bu işlemde filtrasyon süzme ortamından çok filtre yardımcı maddesi tarafından yapılır. Bu yöntem daha çok bir kek meydana getiremeyecek kadar az olan bulanıklıkları gidermek için kullanılır. Süzme yardımcı maddelerinin kullanılışındaki ikinci yöntem, süzme yardımcı maddelerini belirli bir yüzde oranında süzülecek madde ile iyi bir şekilde karıştırmaktır. Süzme yardımcı maddelerinin varlığı, süzme ortamı yüzeyine oturacak çökeltinin geçirgenliğini artırır, onun sıkıştırılabilirliğini azaltır ve filtrasyon sırasında filtre kekinin direncinin artmasını önler. Filtre yardımcı maddelerinin kullanılışındaki üçüncü yöntem, önceden özel olarak bu yardımcı maddelerle örtülmüş filtrelerin kullanılmasıdır. Bu yöntem daha çok vakum altında çalışan, döner silindirik filtrelerde kullanılır. Süzme yardımcı maddesi ve sudan oluşan bir karışım, filtre üzerine 5 cm veya daha fazla kalınlıkta bir tabaka meydana gelinceye kadar, filtreye pompalanır.

Bundan sonra esas süzülmesi istenilen madde ile filtre beslenir. Kazıyıcı bıçak iyi bir şekilde ayarlanarak, çökelen maddenin hepsini ve süzme yardımcı maddesinin çok ince bir tabakasını (her dönüşte 0.01 ile 0.005 mm) kazıyarak filtreden alır. Kazıyıcı bıçak otomatik bir mikrometreye sahip olup, süzme yardımcı maddesine ait olan tabaka tükeninceye kadar ilerlemesine devam eder. Bu yöntem, bir kek oluşturmayan fakat filtre yüzeyinden uzaklaştırılması istenen, jelatin yapısında veya yapışkan olan çökeltilerin süzülmesi için kullanılır. Ayrıca filtre kekinin gereksiz olup filtre yüzeyinden uzaklaştırılması gerektiği durumlarda kullanılır. Filtre yardımcı maddesinden çökeltinin ayrılması kimyasal bir yöntemin uygulanması ile mümkündür. Kullanılan filtre yardımcı maddeleri beslemenin kimyasal özelliklerini bozmamalıdır. Örneğin; beslemenin pH ve rengi üzerinde etkili olmamalıdır. Şerbetlerde kullanılacak kizelgur miktarı; sulu şerbet için 100 Bx'e göre % 0.04, koyu şerbet için 100 Bx'e göre % 0.07 dir. Süzme ortamı üzerinde kizelgur tabakası oluşturulmak isteniyorsa bu tabakanın kalınlığı 2-3 mm olmalıdır. Bunun için de 1 m²'lik filtre yüzeyi için 1 kg kizelgur yeterlidir

Diğer bir süzme yardımcı maddesi perlittir. Perlit, volkanik kaynaklı, amorf alüminyum silikattır. Küçük, yuvarlak, camsı taneciklerden oluşmuştur. Topraktan çıktığı gibi kullanılamaz. Perliti süzme yardımcı maddesi olarak kullanılır hale getirmek için önce taş görünüşündeki perlit 1000 °C'de kızdırılır, bu sırada molekülde bulunan su çıkar, su çıkarken taş şeklindeki maddeyi çok gözenekli hale sokar. Böylece perlitin hacmi ilk hacminin 10 katı büyür. Perlit, esas olarak alüminyum silikat olduğu için, genelde kimyasal tepkimelere girmesi güçtür ve kolayca çözündürülemez. Ancak perlitte alüminyum oksit, potasyum karbonat ve sodyum karbonat

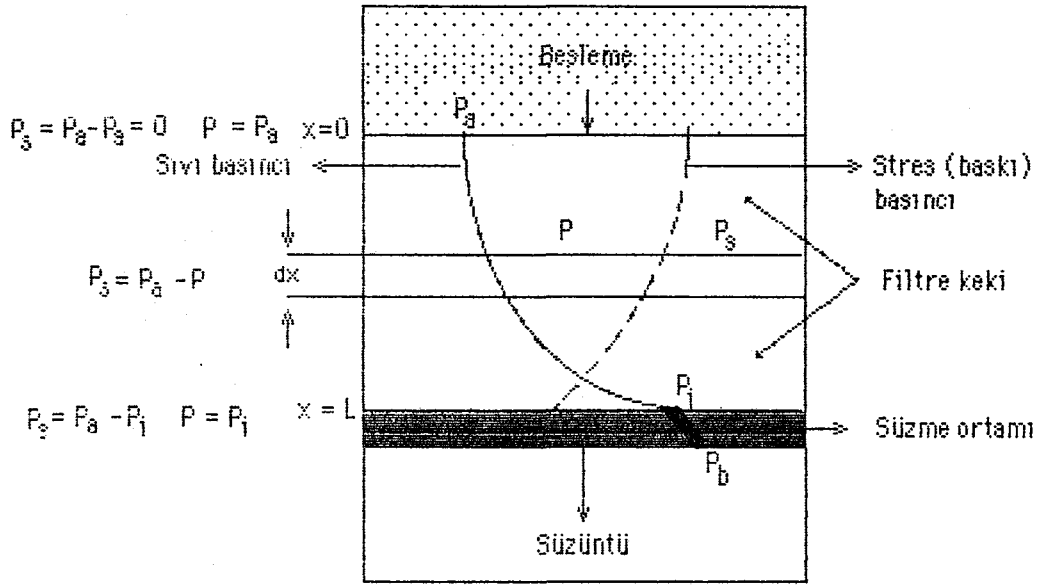
miktarının fazla oluşu, perlit süzme yardımcı maddelerinin pH' sı 4-9 arasında olan sıvılarda güvenli bir şekilde kullanılmasını gerektirir. Kizelgur, perlite kıyasla biraz daha fazla asitli veya bazik ortamlarda kullanılabilir. Perlit süzme yardımcı maddesinin tanecikleri de kizelgur kadar olmamakla birlikte, düzgün olmayan şekillerdedir. Fakat kizelgurun aksine, gözenekli değildir. Bu nedenle de, perlitin oluşturduğu kekin yüzey alanı düşük olup, sıvıların berraklaştırılması için yapılan süzme işlemlerinde etkinlikleri göreceli olarak azdır. Ancak ticari uygulamalarda, perlitin daha ucuz olması nedeniyle, istenilen berraklık derecesinden bir ölçüde feragat ederek, perlit kullanımı, ekonomik avantaj sağlar. Perlitin oluşturduğu kek süzme işlemi sırasında normal olarak uygulanan basınçların üst limitlerinde bastırılabilen karakterdedir. Ancak kek yoğunluğu, benzer tipteki kizelgurun oluşturduğu kek yoğunluğundan % 20-30 daha azdır. Diğer bir deyişle, aynı kalınlıktaki kek oluşumu için, kizelgura göre daha az miktarda perlit gerekir. Bu durumlarda da, perlit kullanımı işletme için avantajlı olmaktadır.

Selüloz da süzme yardımcı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kayın ağacı veya kızılçam ağacından elde edilen kağıt hamuru lifleri bu amaçla kullanılır. Kağıt hamuru liflerinin kizelgurla birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir. Bunun için, selüloz 1.karbonatlama şerbetinin süzülmesinde 1/3 selüloz-2/3 kizelgur, 2. karbonatlama şerbetinin süzülmesinde 1/5 selüloz-4/5 kizelgur ve klerelerin süzülmesinde 2/5 selüloz-3/5 kizelgur oranlarında kizelgurla karıştırılarak süzme ortamı üzerinde bir tabaka meydana getirilir. Ayrıca lif, amyant, aktif kömür gibi maddeler de süzme yardımcı maddeleri olarak kullanılırlar (Taygun ve Çetin,1977; Evranuz vd., 1984; Cengiz vd.,1986; Bennett ve Myers, 1988; Evranuz ve Berçin,1988).

3.5. Sistemdeki Basınç Kaybı

İçerdiği katı maddelerinden arındırılmak istenen sıvı, süzme işlemi sırasında üç türlü dirençle karşılaşır: Kullanılan süzme cihazının kanal ve gözeneklerinin neden olduğu direnç, kullanılan süzme ortamının süzüntü akışına gösterdiği direnç ve filtre kekinin direnci.

Sıvıdan uzaklaştırılan katı maddelerin oluşturdukları tabaka süzme işleminin devam ettiği süre içinde sıvı akımına karşı artan bir direnç yaratır. Süzme ortamının direncinden tamamen farklı olan bu dirence "filtre keki direnci" denir. Filtre keki direnci filtrasyon başlangıcında sıfır iken filtrasyon süresince yükselir ve filtrasyon sonunda maksimuma ulaşır. Süzme işleminin başlangıcında, karışım içindeki katı maddeler, süzgeç bezinin gözeneklerine dolarak, süzme ortamının süzüntü akışına gösterdiği direnci artırır. Gerçek süzme ortamı, süzgecin yüzeyinde toplanan ilk çökelti taneciklerinin oluşturduğu tabakadır. Genel olarak, süzme işlemi ile ilgili teorik hesaplamalarda, süzme cihazının kendisinin neden olduğu direnç ihmal edilir. Buna göre, filtrasyonun herhangi bir anındaki toplam direnç ya da toplam basınç kaybı, filtre keki ve süzme ortamı dirençlerinin toplamına eşittir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Filtre tablası ve kekindeki basınç değişimi

$$-\Delta P = (P_a - P_i) + (P_i - P_b) = P_a - P_b$$

$$(-\Delta P_c) = P_a - P_i \quad (-\Delta P_m) = P_i - P_b$$

$-\Delta P$ = Toplam basınç düşüşü

$(-\Delta P_c)$ = Filtre kekindeki basınç düşüşü

P_a = Giriş basıncı

P_b = Çıkış basıncı

P_i = Filtre keki ve süzme ortamı arayüzündeki basınç

Eşitlikteki Δ çıkış ve giriş koşulları arasındaki farkı simgeler. Bu nedenle $\Delta P = P_b - P_a$ 'dır ve değeri negatiftir (Evranuz vd., 1984 ; Bennett ve Myers, 1988).

3.6. Basınca ve Akışa Göre Filtrasyon

Bir karışımın filtrasyonunda kontrol altında tutulan başlıca değişken "toplam basınç kaybı" dır. Basınç kaybı sabit olursa, filtrasyon başlangıcında maksimum düzeyde olan akış hızı yavaş yavaş azalır. Bu tür filtrasyona "sabit basınç filtrasyonu" denir. Genellikle filtrasyon başlangıcında az olan, filtrasyon ilerledikçe yükselen ve filtrasyon sonunda maksimuma ulaşan basınç kaybının değişken olması halinde giriş basıncı sürekli artırılsa bu tür filtrasyona da "sabit hız filtrasyonu" denir.

Sabit basınç filtrasyonunun bazı sakıncaları vardır. Basıncın yüksek olması halinde süzme ortamı tarafından tutulan çökelti parçacıkları gözenekleri tıkar ve filtrasyonun geri kalan kısmında düşük bir süzüntü debisine neden olur. Ayrıca, çökelti parçacıklarının homojen bir yapı ve büyüklük göstermemeleri (kristal ve kolloidal yapıdaki parçacıkların bir arada bulunmaları) halinde yüksek basınç çökeltinin kolloidal kısmını kristal kısım tarafından meydana getirilen ilk çökelti tabakası arasındaki boşlukları doldurmaya zorlar ve süzüntü debisinin önemli derecede azalmasına neden olur. Eğer başlangıçtaki basınç düşük tutulursa çökelmiş tanecikler tarafından süzme ortamı üzerinde oluşturulan ilk tabaka gevşek yapılı ve gözenekli olur. Bu da yüksek bir süzüntü debisine neden olur. Bu durumda çökelti tabakası süzme ortamının deliklerini dolduramaz ve oluşan kekin süzme ortamından temiz bir şekilde kolaylıkla alınması mümkün olur. Başlangıç basıncının düşük olması durumunda süzme ortamından geçen ilk süzüntü biraz bulanık olur. Bu bulanıklık kısa sürer, buna karşılık yüksek bir süzme debisi ve dolayısıyla büyük bir süzme kapasitesi elde edilir.

Sabit hız filtrasyonunda, filtrasyona düşük bir basınçla başlanır ve

gittikçe artan filtre keki direncine karşı koymak amacıyla basınç sürekli olarak artırılır ve sabit bir süzüntü debisi elde edilir. Bu yöntemin güçlüğü, maksimum basınca filtrasyonun sonunda erişilmesi ve bu nedenle filtrasyonun büyük bir kısmında maksimum kapasitenin altında çalışmasıdır. Yaygın olan ve sabit basınç filtrasyonunun güçlüklerini ortadan kaldıran diğer bir yöntem ise filtrasyonun ilk kısmında sabit hız filtrasyonu uygulamak ve süzme ortamı filtre keki tarafından iyice örtülüp süzüntü berrak bir şekilde gelmeye başlayınca basıncı maksimum değere yükseltmek ve filtrasyonu bu sabit basınç altında sürdürmektir.

Sıkıştırılabilir maddelerin süzülmesinde, basıncın artırılması ile her zaman debi artmaz. Düşük basınçtaki çalışmalarda, basıncın biraz artırılması ile süzüntü debisinde de bir artış görülür. Zamanla kek direnci artar ve süzüntü debisi azalır. Basıncın artırılmasına devam edilecek olursa bu iki faktör birbirine eşit olma eğilimi gösterir ve belirli bir optimum basınçta süzüntü debisi maksimuma ulaşır. Bu değerden daha büyük basınçlar, basıncın artırılması ile elde olunacak itici güce eşdeğer olmaktan uzaktır ve sonuçta basınç artırılrsa bile süzüntü debisi azalır. Bu nedenle filtrasyon optimum basıncın altındaki bir basınçta yapılmalıdır (Bennett ve Myers, 1988).

3.7. Süzme Teorisi

Filtrasyonda filtre kekinin kütlesi, kekin kalınlığı ve süzüntünün hacmi arasındaki ilişkileri bilmek önemlidir. Kütlesi dM_c olan bir katı içeren ve kalınlığı dL olan diferansiyel bir kek elemanı düşünelim (Şekil 3.1). Bu katının kütlesi kek elemanı içinden geçen dV hacmindeki süzüntü ile

taşınan katının kütlesi ile keke yapışan ve eleman içinde kalan sıvı ile taşınan katının kütlesi toplamına eşittir. Bu eşitlik aşağıdaki gibi yazılır.

$$dM_c = \frac{s}{1-s} \rho dV + \frac{s}{1-s} \frac{1-s'}{s'} dM_c \quad (3.1)$$

ρ = Süzüntünün yoğunluğu (kg/m^3)

s = Beslemedeki katının kütle kesri

s' = Yaş kekteki katının kütle kesri

Eşitlik (3.1) tekrar düzenlenirse,

$$dM_c = \frac{ss'}{s'-s} \rho dV \quad (3.2)$$

eşitliği elde edilir.

Kek kütlesini kek içinden uzaklık (x) ile aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz.

$$dM_c = (1-\epsilon) \rho_s A dx \quad (3.3)$$

ϵ = Boşluk kesri, kekin gözenekliliği, boşluk hacmi/yaş kek hacmi

$1-\epsilon$ = katı hacmi/yaş kek hacmi

ρ_s = Keki oluşturan katı parçacıkların yoğunluğu (kg/m^3)

A = Akış yönüne dik kek kesit alanı (m^2)

Kekteki katının kütle kesri ve kek gözenekliliği arasında aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$s' = \frac{(1-\epsilon) \rho_s}{(1-\epsilon) \rho_s + \epsilon \rho} \quad (3.4)$$

$m = 1/s'$; m , yaş kek kütlesinin kuru kek kütlesine oranıdır.

Filtre kekini oluşturan parçacıklar nisbeten küçük olduğundan akış genellikle laminedir. Süzülen parçacıkların meydana getirdiği topluluk arasından süzüntü, kekin iki yüzü arasındaki basınç düşüşünün akışkanın akım hızı ile orantılı olduğu laminer akımla geçtiği için Hagen-Poiseuille eşitliğinin bir şekli bu akışa uygulanabilir.

$$dV/dt = A(-\Delta P)/R\mu = A(-\Delta P)/(R_c + R_m) \mu \quad (3.5)$$

Süzme hızı, süzme ortamının iki yüzü arasındaki basınç farkına, süzme ortamının alanına, süzülen sıvının viskozitesine, filtre kekinin direncine ve süzme ortamının direncine bağlı olarak değişir. Süzme hızı, debi eşitliğinin genel formülünde olduğu gibi, süzme hızı=itici güç/direnç olarak ifade edilir. Burada itici güç, süzülecek sıvının süzme ortamından geçmesini sağlayan basınçtır. Direnç ise, filtre keki direnciyle (R_c) süzme ortamı direncinin (R_m) toplamına eşittir. Filtre keki direnci, birim yükseklikteki filtre kekinin süzüntü akışına gösterdiği direncin (spesifik kek direnci), kek kalınlığıyla çarpımından hesaplanır. Taneciklerin meydana getirdiği topluluğun direnci; topluluğun kalınlığına, taneciklerin büyüklük ve şekillerine, tanecikler arasındaki boşluğun hacmine bağlı olduğu için Hagen-Poiseuille eşitliğini basit bir şekilde kullanmak mümkün değildir. Bunun için taneciklerin gösterdiği direnci etkileyen faktörlerin yer aldığı bir eşitliğin kullanılması gerekir. Bu bağıntı Kozeny-Carman tarafından geliştirilmiştir. Diferansiyel bir kalınlık için Kozeny-Carman eşitliği aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\frac{d(h_f)}{dx} = \frac{150 \mu v (1 - \epsilon)^2}{D^2 p \epsilon^3} \quad (3.6)$$

Sadece basınç yüksekliğinin önemli olduğu mekanik enerji dengesini kullanarak ve küresel parçacıklar için $D = 6/S_v$ olarak kek üzerindeki basınç düşüşü için aşağıdaki eşitlik yazılır.

$$\frac{dP}{dx} = \frac{k S_v^2 \mu v (1 - \epsilon)^2}{\epsilon^3} \quad (3.7)$$

S_v (özgül yüzey) = S_p/V_p (birim tanecik hacminin alanı) m^{-1}

S_p = Tek parçacığın yüzey alanı (m^2)

V_p = Tek parçacığın hacmi (m^3)

μ = Süzüntünün viskozitesi (kg/ms)

v = Süzüntünün laminar hızı (m/s)

ϵ = Filtre kekinin gözenekliliği

k = Sabit(4,167)

Kek yatağı katmanlarının dirençlerinin değişik oluşu, kekin mekaniksel yapı ve etkisinin sonucudur. Süzüntü basıncı, kekin üst yüzeyinde en yüksek, süzme ortamı üzerinde ise en düşüktür. Burada kekin gözenekliliğinin kekin üst yüzeyinde en az, süzme ortamı sınırında ise en yüksek olduğu düşünülebilir. Ancak, gerçek tamamen bunun tersidir. Süzüntü parçacığın bulunduğu bir noktadan geçerken parçacığı süzme ortamı yönüne doğru sürüklemeye (çekme) eğilimindedir. Ancak bu çekme kuvveti parçacık tarafından eşdeğerde fakat ters yönde bir karşı kuvvetle karşılaşır. Kekin her katmanı, bir önceki katmanda oluşan karşı koyma ve çekme kuvvetlerini kendisinde oluşan kuvvetleri de ekleyerek kümülatif olarak bir sonraki katmana iletir. Süzme ortamı üzerine gelen bu kümülatif kuvvetin süzme ortamı yüzey alanına bölünmesi kuvvetin basınç olarak değerini verir. Bu

basınca karşı koyma yada stres (baskı) basıncı denir (Şekil 3.1). Stres basıncı, süzüntü basıncının maksimum olduğu (P_s) kek üst yüzeyinde sıfır değerde iken süzüntü basıncının minimuma düştüğü (P_i) süzme ortamı sınırında maksimum düzeye çıkar. Bir başka deyişle, süzüntü basıncı düştükçe stres basıncı artmaktadır. Süzüntü basıncı tüm yönlerde doğru etkili iken stres basıncı yalnızca akış yönü paralelinde etkilidir. Bu nedenle parçacığı yassıltma eğilimindedir. L kalınlığındaki kekin kümülatif çekme kuvveti ($P_s - P_i$) olarak ifade edilebilir.

k, taneciklerin şekillerine ve konumlarına, geçitlere ait kesit alanlarının şekline ve akışkanın izlemiş olduğu yol uzunluğunun tanecik topluluğuna ait kalınlığa oranına bağlıdır. $0.3 < \epsilon < 0.6$ olan kekler için $k=5'$ dir. $\epsilon > 0.6$ olan kekler için k bulunmalıdır.

Eşitlik (3.3)' deki dx'in değerini Eşitlik (3.7)'de yerine koyarsak aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$dP = \frac{k S_v^2 (1-\epsilon) \mu v}{\rho_s A \epsilon^3} dM_o \quad (3.8)$$

Sert ve tekdüze parçacıkların oluşturduğu bir sıvı-katı karışımının, basınç düşüşünün çok düşük olduğu bir filtre yatağından filtrasyonu gibi özel durumlarda (3.8) nolu eşitliğin sağ tarafındaki tüm faktörler L' den bağımsızdır. Eşitlik (3.8) integre edilirse aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\int_{P_i}^{P_s} dP = \frac{k S_v^2 (1-\epsilon) \mu v}{\rho_s A \epsilon^3} \int_0^{M_o} dM_o \quad (3.9)$$

$$P_a - P_i = \Delta P_c = \frac{k S_v^2 (1-\epsilon) \mu V M_c}{\rho_s A \epsilon^3} \quad (3.10)$$

Bırım yükseklikteki filtre kekinin süzüntü akışına gösterdiği direnç (spesifik kek direnci) α (m/kg) aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$\alpha = \frac{k S_v^2 (1-\epsilon)}{\rho_s \epsilon^3} \quad (3.11)$$

Eşitlik (3.10) ile eşitlik (3.11) birleştirilirse,

$$\frac{-\Delta P_c}{M_c} = \frac{\alpha \mu v}{A} \quad (3.12)$$

eşitliği elde edilir.

R_m ile gösterilen süzme ortamı direnci eşitlik (3.12)'nin bir benzeri olan aşağıdaki eşitlikle tanımlanabilir.

$$\frac{-\Delta P_m}{R_m} = \mu v \quad (3.13)$$

Eşitlik (3.12) ve (3.13) yardımıyla aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$(-\Delta P) = (-\Delta P_c) + (-\Delta P_m) = \mu v \left(\frac{\alpha M_c}{A} + R_m \right) \quad (3.14)$$

$$M_c = cV = \frac{sp}{1-ms} V \quad (3.15)$$

$$v = \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} \quad (3.16)$$

Burada V filtrasyonun başlangıcından t süresine kadar toplanan süzüntü hacmidir.

$$(-\Delta P) = \mu \frac{1}{A} \frac{dV}{dt} \left(\frac{\alpha c V}{A} + R_m \right) \quad (3.17)$$

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu \left(\frac{\alpha c V}{A} + R_m \right)}{A(-\Delta P)} = \frac{\mu \alpha c V}{A^2 (-\Delta P)} + \frac{R_m \mu}{A(-\Delta P)} \quad (3.18)$$

$$K_1 = \frac{c \mu \alpha}{A^2} = \frac{s \rho \mu \alpha}{(1 - m_s) A^2} \quad (3.19)$$

$$K_2 = \frac{R_m \mu}{A} \quad (3.20)$$

$$\frac{dt}{dV} = \frac{K_1}{(-\Delta P)} V + \frac{K_2}{(-\Delta P)} \quad (3.21)$$

Süzme ortamının direnci, süzme ortamının direncine eşit dirence sahip hayali kekin oluşumu için gerekli süzüntü hacmi (V_e) cinsinden de yazılabilir.

$$R_m = \frac{\alpha s \rho V_e}{(1 - m_s) A} = \frac{\alpha c V_e}{A} \quad (3.22)$$

Süzme hızı dV/dt eşitlik (3.19), (3.20) ve (3.21) yardımıyla aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{(-\Delta P)A}{\mu \left(\frac{\alpha C V}{A} + R_m \right)} = \frac{(-\Delta P)A}{\mu \left(\frac{\alpha C V}{A} + \frac{\alpha C V_e}{A} \right)} = \frac{(-\Delta P)A}{\mu \alpha C (V + V_e)} \quad (3.23)$$

Süzme ortamı direnci, süzgeç bezinin ve süzme işleminin başlangıcında toplanan filtre keki dirençlerinin toplamına eşdeğer direnci veren kek kalınlığı cinsinden ifade edilebilir. Bu durumda, böylece hesaplanan kek kalınlığının, spesifik kek direnciyle çarpımı, süzme ortamı direncini verir. Sonuç olarak birim zamanda alınan süzüntü hacmini veren genel eşitlik aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\text{Kek direnci} = R_c = \frac{\alpha C V}{A} = \alpha L; \text{Süzme ortamı direnci} = R_m = \alpha L_0 \quad (3.24)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{(-\Delta P)A}{\mu \alpha (L + L_0)} \quad (3.25)$$

Burada L ve L_0 sırasıyla filtre kekinin kalınlığı ve süzme ortamı direncine eşdeğer direnci olan filtre keki kalınlığıdır (Ruth,1935; Kirk-Othmer,1967; Çataltaş,1979; Garza ve Boulton,1984; Mc Cabe vd.,1985; Takai vd.,1987; Bennett ve Myers,1988; Bayındırlı vd.,1989; Saldamlı ve Saldamlı,1990; Wu,1994; Genç ve Tosun,1994).

3.7.1. Sabit basınç filtrasyonu

Besleme sabit basınç yükseklikli bir tanktan süzme ortamına beslenirse süzme ortamının akışaltı yüzündeki basınç (P_b) sabit olur. Süzme ortamının akışüstü yüzündeki basınç genellikle 1 atm olduğundan

eşitliklerdeki $(-\Delta P)$ sabittir.

Eşitlik (3.21) integre edilirse $(-\Delta P)$, K_1 ve K_2 sabit olduğundan aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$t = \frac{K_1}{2(-\Delta P)} V^2 + \frac{K_2}{(-\Delta P)} V \quad (3.26)$$

$$\frac{t}{V} = \frac{K_1}{2(-\Delta P)} V + \frac{K_2}{(-\Delta P)} \quad (3.27)$$

$$\frac{t}{V} = \frac{c \mu \alpha}{2A^2 (-\Delta P)} V + \frac{R_m \mu}{A(-\Delta P)} \quad (3.28)$$

(Mc Cabe vd., 1985; Bennett ve Myers, 1988; Saldamlı ve Saldamlı, 1990).

3.7.2. Sabit hız filtrasyonu

Süzüntünün sabit bir hızda akması, laminar akış hızının (v) sabit olduğu anlamındadır.

$$v = \frac{1}{A} \frac{V}{t} = \frac{q}{A} \quad (3.29)$$

Eşitlik (3.12), (3.15) ve (3.29) nolu eşitliklerdeki Mc ve v nin değerleri ile yazılırsa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$(-\Delta P)_0 = \frac{\alpha \mu C}{l} \left(\frac{V}{A} \right)^2 = \frac{\alpha \mu C}{A^2} q^2 t \quad (3.30)$$

Eşitlik (3.13) yardımıyla $(-\Delta P)$ için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$(-\Delta P) = (-\Delta P_c) + (-\Delta P_m) = \frac{\alpha \mu c q^2}{A^2} t + \mu v R_m = \frac{\alpha \mu c q^2}{A^2} t + \frac{\mu R_m q}{A} \quad (3.31)$$

Belli bir q hızında t 'ye karşı $(-\Delta P)$ ' nin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğrunun eğim ve kaymasından spesifik kek direnci α ve süzme ortamı direnci R_m bulunabilir (Saldamlı ve Saldamlı, 1990).

3.7.3. Filtrasyon periyodu

İstenen miktarda kek toplandıktan sonra ana likör genellikle uygun bir çözücü ile yıkanarak giderilir. Yıkama sabit hız ve basınçta meydana gelir. Yıkama işlemi sırasında filtre kekinin ve süzme ortamının direnci sabittir ve genellikle süzme ortamının direnci ihmal edilir.

Yıkama süresi aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$t_w = \frac{V_w}{q_w} \quad (3.32)$$

V_w ve q_w sırasıyla yıkama sırasında toplanan süzüntü hacmi ve yıkama hızıdır. Yıkama tamamlandıktan sonra keki boşaltmak, kurutmak ve süzme ortamını temizlemek için ek bir süreye ihtiyaç vardır. Bu sürelerin toplamı t_d ise, toplam devir süresi t_c aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$t_c = t + t_w + t_d \quad (3.33)$$

Filtrasyon periyodunun kapasitesi (c) süzüntü hacmi cinsinden aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$c = V/t_c \quad (3.34)$$

(Bennett ve Myers, 1988).

3.7 4 Sıkıştırılabilir filtre kekleri

Birçok kimyasal çökelti sıkıştırılabilir kek oluşturur. Yüksek sıkıştırma kuvvetleri, örneğin süzme basınçları, taneleri birbirine yaklaştırır, şekillerini bozar ve eğer varsa flok kümelerini kırar. Bu yüzden farklı süzme basınçları değişik spesifik kek dirençleri oluşturur. Spesifik kek direncinin süzme basıncının bir fonksiyonu olduğu durumda kek sıkıştırılabilir kekdir. K_1 ve K_2 değerlerini bulmak için sıkıştırılmayan kekler ile küçük çaplı filtrasyon deneyleri yapmak mümkündür. Daha sonra bu değerleri değişik A , $(-\Delta P)$ veya q değerleri ile diğer süzme işlemlerinin tasarımında kullanabiliriz. Sıkıştırılabilir bir kek ile böyle bir deneyin sonuçları sadece farklı boyutlardaki (A) süzme ortamına genelleştirilebilir. $(-\Delta P)$ ve q arasındaki ilişki iki süzme ortamında aynı olmalıdır. Çünkü α ve böylece K_1 ve K_2 hem $(-\Delta P)$ 'nin hem de q ' nun fonksiyonlarıdır. Belli bir sıkıştırılabilir kek için süzme ortamının davranışını belirlemek için birçok filtrasyon deneyi yapılmalıdır.

Sıkıştırılabilir filtre keklerinin spesifik kek direnci (α) için ampirik iki eşitlik yaygın olarak kullanılır.

$$\alpha = \alpha_0 (-\Delta P)^U \quad (3.35)$$

$$\alpha = \alpha_0 [1 + \beta (-\Delta P)^U] \quad (3.36)$$

Esitliklerdeki α_0 , β , ν ve ν' amprik sabitlerdir. Çeşitli basınç kayıplarında sabit basınç deneyleri ($-\Delta P$) ile α 'nın değiştiğini gösterebilir. α , ($-\Delta P$)' den bağımsız ise karışım sıkıştırılmayan karakterdedir. Eşitlik (3.35), eşitlik (3.36)' ya kıyasla daha sınırlı kullanımına karşılık daha basit olan bir eşitliktir. α_0 ve ν değerlerinin bulunması için iki sabit basınç değerinin elde edilmesi yeterlidir. Ancak düşük basınçlarda yanlış sonuç verir. Eşitlik (3.36) için üç deney yapılmasına gerek vardır. Bu eşitlik, sıfır değerinin üzerindeki çeşitli basınç kayıplarına uygulanabilecek kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir. Eşitlik (3.35)'deki ν sabiti, sıkıştırılabilme niteliğinin sayısal değerini (sıkıştırılabilirlik katsayısı) gösterir. Bu sabit, sıkıştırılmayan karışımlarda sıfır, sıkıştırılabilen karışımlarda ise 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir. Genelde 0.1-1.0 arasında değişir. ν değeri 1'e ne kadar yakın ise kekin sıkıştırılabilme özelliği de o kadar fazladır. α_0 sabiti birim süzme basıncındaki spesifik kek direncidir. Eşitlik (3.35) ve (3.36)' daki sabitler, deneylerde elde edilen basınç sınırları dışındaki basınçlar için kullanılmamalıdır (Earle,1983; Bennett ve Myers, 1988; Saldamlı ve Saldamlı, 1990; Lee ve Hsu,1993).

3.7.5. Konuyla ilgili çalışmalar

Süzme etkinliği ve spesifik kek direnci kavramları şeker endüstrisinde uygulanan süzme işlemleri için çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılmıştır.

Hill (1972) anyonik renkli maddeler ile birleşen Talofloc denen katyonik bir bileşik kullanarak şekerin renginin açılması için bir proses geliştirmiş ve Talofloc ile rengi açılmış çözeltinin süzülmesinin zor

olduğunu ve önceden bir flotasyon işlemine tabi tutulması gerektiğini belirtmiştir.

Roberts ve Godshall (1979) şerbetterden kolloidal maddelerin giderilmesi üzerine sıcaklığın (25 °C-295 °C) etkisini incelemişler ve yüksek molekül ağırlıklı maddelerin süzme ile giderilemediğini ifade etmişlerdir.

Cress ve Willersdorf (1983) kek yıkanmasında yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin kek gözenekliliğine etkisini araştırmış, polimer dozunun artmasıyla gözenekliliğin azaldığını bulmuşlardır.

Lionnet (1984) Farklı yılların ürünü Güney Afrika şeker kamışlarından farklı fabrikalarda elde edilen çamurların filtrasyonu sırasında ortalama spesifik kek dirençlerini hesaplamış ve bu değerlerin yıllara göre 5.2×10^{10} - 44.6×10^{10} m/kg arasında değiştiğini belirtmiştir.

Kishihara vd. (1989) şeker çözeltilerinin ve ham şerbetin gözenekli bir seramik membrandan ultrafiltrasyonunda membranın etkinliğini tartışmışlar ve süzüntünün özelliklerini inceleyerek süzüntüdeki kristal büyüme hızının arttığını ifade etmişlerdir.

Madsen (1990) şeker endüstrisinde membran filtrasyon cihazlarının kullanımının ekonomik yönünü tartışmıştır.

Nicholas ve Smith (1991) karbonatlama çamurunun filtrasyonunu incelemişler ve keki sıcak suyla yıkamanın süzme ortamında kalan şekerin

çoğunu uzaklaştırdığını , filtre kekının kurutulması için sıkıştırılmış hava kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Faviell vd. (1991) Kanada'daki iki şeker pancarı fabrikasında karbonatlama çamurunun ayrılması için DDS filtrelerini kurmuşlar ve bu filtrelerden süzülen şerbetin daha açık renkli, ısıya dayanıklı ve kristallenme özelliklerinin düzelmiş olduğunu belirtmişlerdir.

Murphy vd. (1991) ince şerbet filtrasyonunu incelemişler ve geliştirdikleri ince şerbet filtrasyon sisteminin süzme yardımcı maddesi tüketimini % 40'a kadar azalttığını ifade etmişlerdir.

Mitchell vd. (1993) 1.karbonatlama işleminde çamur yoğunluğunun sürekli olarak kontrol edilmesi gerektiğini, böylece daha berrak şerbet oluşacağını, daha az çöktürücü ilavesi gerektiğini ve bu kontrolün şeker kaybını, yıkama suyu kullanımını ve enerji maliyetini azaltmak için çeşitli filtre işletme parametrelerinin optimizasyonunu da sağlayacağını belirtmişlerdir.

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Deneylerde Elazığ Şeker Fabrikasından günlük olarak alınan döner filtre besleme şerbeti (çamurlu şerbet) kullanıldı. Kullanılan numunede, değişen fabrikasyon şartlarına bağlı olarak değişen katı madde oranını sabit tutabilmek amacıyla alınan örneğin 17 Bome civarında olmasına özen gösterildi. Bunun için ön denemeler dikkate alınarak dekantasyon yetersizliği olan günlerde ek dekantasyon işlemleri yapıldı. Deneylerde süzme yardımcı maddesi olarak kullanılan kizelgur ve perlit Malatya Şeker Fabrikasından temin edildi. Deneylerde kullanılan kizelgurun fiziksel özellikleri Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kizelgurun Fiziksel Özellikleri*

Fiziksel Özellik	Kizelgur
250 mikronun üstü (%)	0.76
Ortalama tane büyüklüğü, μm	35.78
% 10'unun büyüklüğü, μm	9.08 veya altı
Ortalama yüzey alanı, m^2/cm^3	0.31
Beyazlık derecesi, 540 nm' deki % absorban	70.0

*Malatya Şeker Fabrikası

4.2. Metod

4.2.1. Çamurlu şerbet bileşimi

Çamurlu şerbet bileşimini belirlemek amacıyla Polar Şeker ve Brix ölçümleri yapıldı.

4.2.1.1. Polar şeker tayini

Çamurlu şerbet, filtrasyon süzüntüsü ve yıkama suyundaki polar şeker 100/110 metoduyla belirlendi. Tartısı belli 100/110'luk balona 100 ml numune konularak ± 0.1 g hassasiyetle tartıldı.

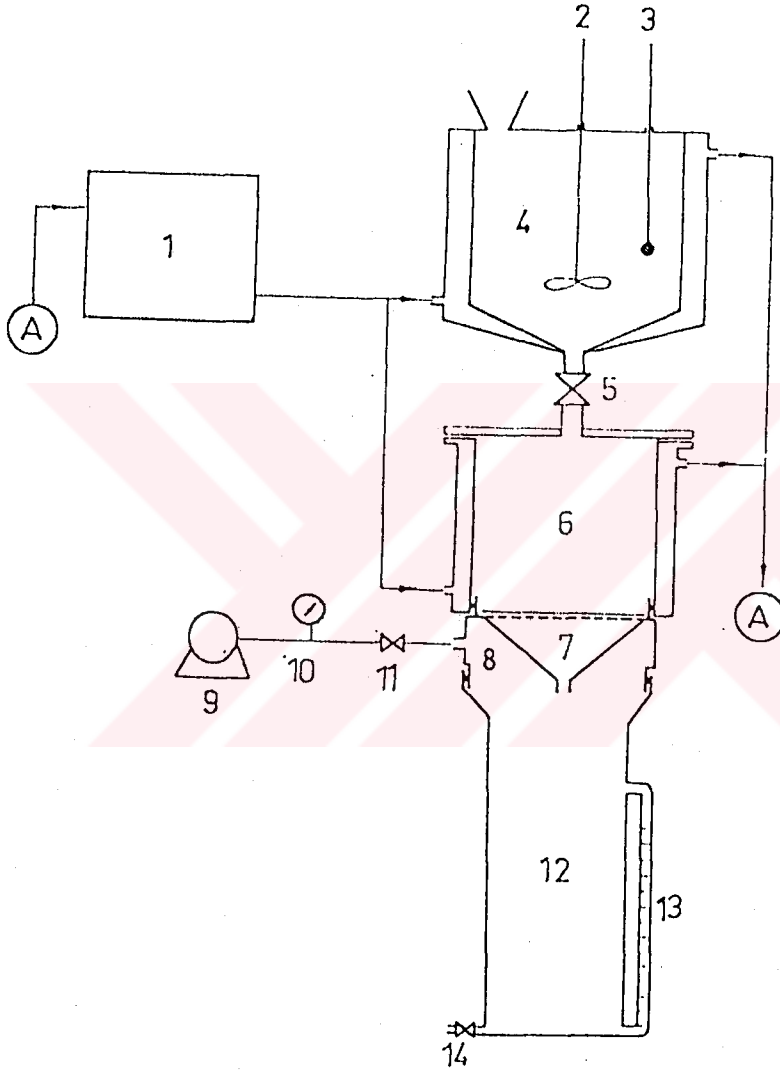
Tartım işlemi tamamlandıktan sonra balon 110 ml çizgisine kadar % 50'lik çinko nitrat çözeltisi ile tamamlandı, çalkalandı ve süzüldü. 200 ml'lik tüpe alınan süzüntü AUTOPOL II S otomatik palorimetre ile polarlandı. Çamur tartısına göre F faktörü bulundu (Ek-1). Palorimetreden okunan değer F faktörü ile çarpılarak % polar şeker miktarına geçildi (Eken,1948, Akakıncı vd.,1970).

4.2.1.2. Brix tayini

Polar şeker analizi için elde edilen süzüntüden bir miktar alınarak otomatik refraktometre (GPR 11-37) ile Brix değeri belirlendi.

4.2.2. Sulu şerbetin sabit basınç filtrasyonu

Sulu şerbetin süzülme işleminde kullanılan kesikli laboratuvar düzeneğinin şematik görünümü Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Filtrasyon düzeneğinin şematik gösterimi.

- 1-Su banyosu 2-Karıştırıcı 3-Termometre 4-Besleme kabı
 5-Vana 6-Ceketli paslanmaz çelik filtre 7-Huni 8-Yakum bölmesi 9-Vakum Pompası 10-Yakum manometresi 11-Basınç kontrol vanası 12-Süzüntü kabı 13-Derecelendirilmiş cam seviye göstergesi 14-Süzüntü çıkış vanası

Filtrasyon düzeneği; besleme kabı, 1.8 litre kapasiteli su ceketli paslanmaz çelik filtre, vakum bölmesi ve süzüntü kabından ibarettir. Filtrasyon alanı 31.7 cm² dir. Deneylerde kullanılan süzme ortamı şeker endüstrisinde kullanılan ve yerel olarak üretilen sık dokulu (10 atkı/cm, 30 çözü/cm) pamuklu kumaştır. Süzme işlemine başlamadan önce alanının % 32.1'i 4 mm çaplı deliklerden ibaret olan delikli bir plaka, kumaş süzme ortamı ile kaplandı ve vakum bölmesinin üzerine yerleştirildi.

1.karbonatlama çamuru literatür verilerine dayanarak 200 mmHg (0.27x10⁵ Pa), 300 mmHg (0.40x10⁵ Pa) ve 400 mm Hg (0.54x10⁵ Pa) basınç farklarında ve 70°C, 80°C ve 85°C olmak üzere değişik sıcaklıklarda vakum altında süzöldü.

Süzme işlemi sırasında istenilen süzme sıcaklığı filtrenin ceketini içinden geçirilen süzme sıcaklığındaki su ile, süzme basıncı ise basınç kontrol vanası ve -760 mmHg basınca kadar ölçüm yapan 5 mmHg hassasiyetli vakum manometresi ile ayarlandı. Besleme, besleme kabına konuldu, bir karıştırıcı ile sürekli karıştırılarak süzme sıcaklığına getirildi ve filtreye beslendi. Belirli hacimlerde süzüntü elde etmek için geçen süreler kaydedilerek, 1.karbonatlama çamurunun süzölmesi sırasında besleme sıcaklığının ve süzme basıncının süzme işlemine etkileri incelendi. Süzme hızı, her 60 ml. süzüntü almak için geçen süre kaydedilmek suretiyle ölçöldü. Bu işleme sabit süzme basıncında düşme gözleninceye kadar devam edildi. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra kek, süzüntü miktarının yaklaşık % 75'i miktarındaki süzme sıcaklığına ısıtılmış destile su ile süzme basıncında vakum uygulanarak yıkandı. Filtrede biriken yıkanmış kekin kek kalınlığı ölçöldü ve yaş kekin ağırlığı besleme ve süzüntü ağırlıkları arasındaki fark ve yıkama suyu ile

uzaklaştırılan şeker miktarı dikkate alınarak hesaplandı. Yaş kekteki kuru madde miktarı yaş kekin belli bir miktarı 80°C' deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar ısıtılarak hesaplandı. Süzüntülerin vizkozitesi kapiler numarası Ic, iç çapı 0.84 mm olan, su banyosuna bağlı sıcaklık kontrollü ısı stabilizasyon ceketi içine daldırılmış Ubbelohde vizkozimetresiyle ölçüldü. Süzüntülerin yoğunlukları 25 ml kapasiteli Gay-lussac tipi kapiler başlıklı bir piknometre kullanılarak ölçüldü.

Süzme işleminin etkinliğini artırmak ve süzme katkı maddelerinin spesifik kek direnci ve süzme hızı üzerine etkilerini incelemek için beslemeye süzme yardımcı maddesi ilave ederek süzme denemeleri de yapıldı. Bu amaçla süzme yardımcı maddesi olarak kizelgur ve perlit kullanıldı. Süzme yardımcı maddesi katkısının 1.karbonatlama çamurunun süzülmesi özelliklerine etkisini araştırmak için üç çeşit deney grubu planlandı. Bunlar ön kaplamalı, beslemeye katkılı, ön kaplamalı ve beslemeye katkılı süzme tekniklerini içermektedir. Önkaplamalı deneylerde, hazırlanan bir kısım süzme yardımcı maddesi ve iki kısım su içeren karışım 50 ml' lik bir enjektör yardımıyla süzme ortamının üzerine, vakum uygulanarak, homojen bir şekilde enjekte edildi ve önkaplamalı süzme yüzeyi olarak kullanıldı. Beslemeye katkılı deneylerde belirli miktardaki süzme yardımcı maddesi ve besleme, besleme tankında karıştırılıp süzme sıcaklığına ayarlandıktan sonra filtreye beslendi. Önkaplamalı ve beslemeye katkılı deneylerde önce süzme ortamının süzme yardımcı maddesi ile önkaplaması yapıldı, daha sonra beslemeye katkılı kısım bunun üzerine aktarıldı. Önkaplama için 0.02, 0.06, 0.010 ve 0.020 g/cm² süzme alanı, beslemeye katkı için 0.001, 0.003, 0.005 ve 0.010 g/ml besleme kullanıldı.

Her deney için, ilk 100 ml'lik süzüntü alındıktan sonra, kaydedilen süzüntü hacmi-süre verileri birbirini takip eden ölçümlerde hacimdeki artışı (ΔV) ve süredeki artışı (Δt) hesaplamak için kullanıldı. Spesifik kek direnci eşitlik (3.18) yardımıyla \bar{V} ye karşı dt/dV değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğruların eğim ve kaymalarından hesaplandı. Ayrıca beslemeye süzme yardımcı maddesi katkılı deneylerde kek kalınlıkları da ölçüldü (Ek-2, Ek-3).



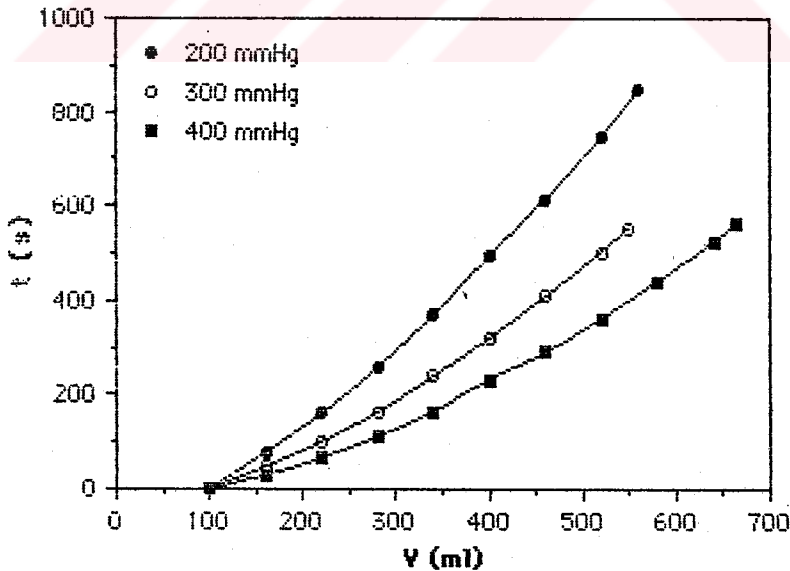
5. SONUÇLAR

5.1. Polar Şeker ve Brix Miktarı

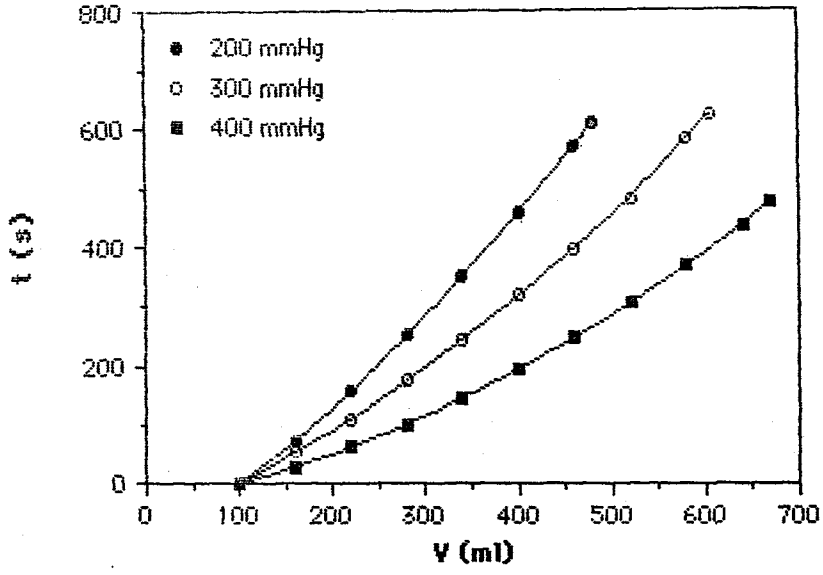
Çamurlu şerbetteki, yıkama suyundaki ve süzüntüdeki ortalama % polar şeker sırasıyla 10.12, 1.99 ve 12.39; süzüntüdeki ortalama °Brix ise 142 olarak bulunmuştur.

5.2. Süzme Basıncı ve Süzme Sıcaklığının Süzme Hızına Etkisi

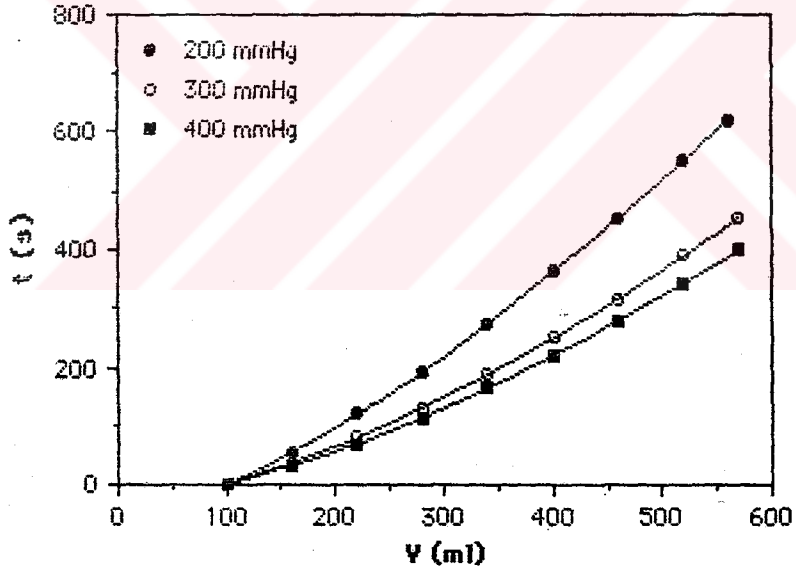
1.karbonatlama çamurunun 200, 300, 400 mmHg basınç farkı ve 70 °C, 60 °C, 65 °C süzme koşullarında elde edilen filtrasyon eğrileri Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3 de gösterilmiştir. Şekil 5.4, 5.5 ve 5.6' da ise dt/dV ' nin süzöntü hacmi (V) ile değişimi çizilmiş ve elde edilen doğruların y eksenini kestiği noktalar ile eğimlerinden, filtre kekinin direnci ve ekivalent süzöntü hacmi hesaplanmıştır.



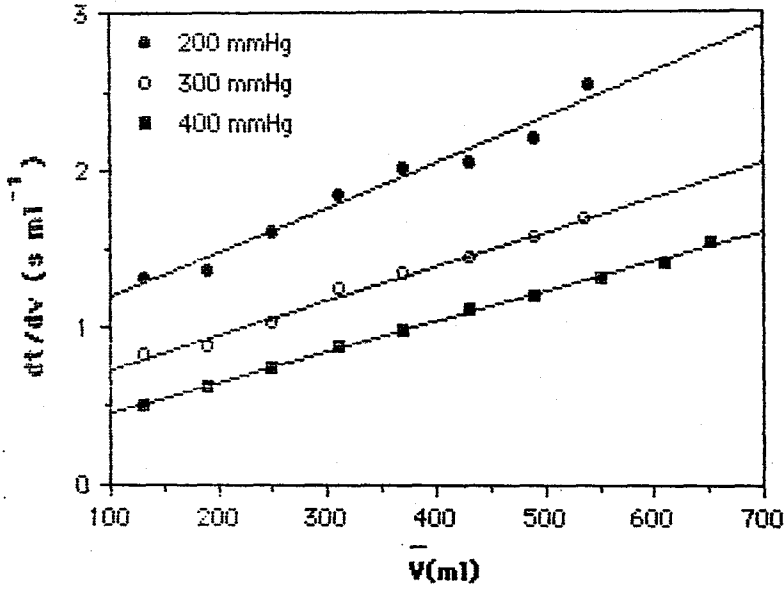
Şekil 5.1. 70 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu şerbet için filtrasyon eğrileri



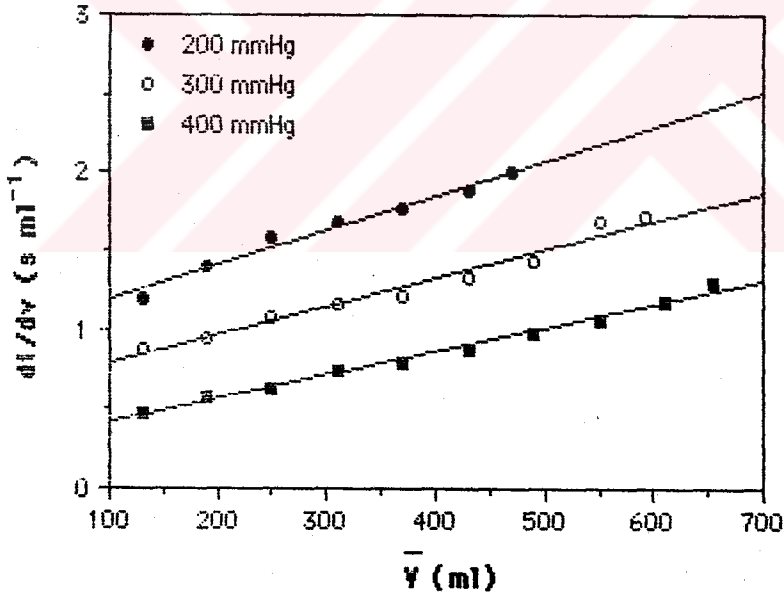
Şekil 5.2. 80 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu şerbet için filtrasyon eğrileri



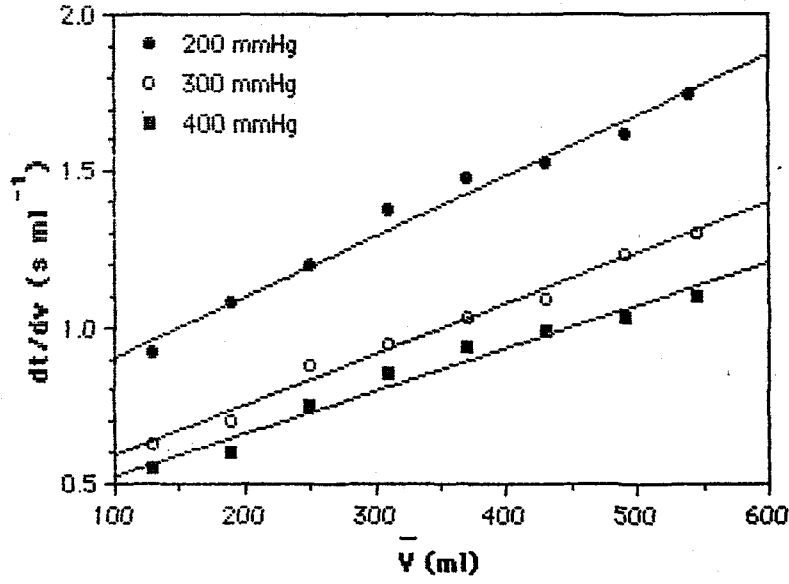
Şekil 5.3. 85 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu şerbet için filtrasyon eğrileri



Şekil 5.4. 70 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu şerbet için dt/dV ' nin \bar{V} ile değişimi



Şekil 5.5. 80°C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu şerbet için dt/dV ' nin \bar{V} ile değişimi



Şekil 5.6. 85 °C'de farklı süzme basınçlarında süzülen çamurlu şerbet için dt/dy 'nin V ile değişimi

Tablo 5.1' de gösterilen bir seri deneylerden, çamurlu şerbetin süzülmesi sırasında uygulanan süzme basıncının ve süzme sıcaklığının, belirli bir hacimde süzüntü elde etmek için gerekli süzme sürecine, kek direncine ve ekivalent süzüntü hacmine etkisi hakkında veriler elde edilmiştir.

Tablo 5.1. Değişik Basınç Farklarında ve Sıcaklıklarda Süzülen Çamurlu Şerbet İçin Elde Edilen Deneysel Veriler ve Hesaplanan Spesifik Kek Dirençleri (α) ve Ekvivalent Süzüntü Hacmi (V_e) Değerleri

Süzme basıncı (mmHg)	Deneysel Veriler	Süzme Sıcaklığı (°C)		
		70	80	85
200	460 ml süzüntü toplamak için geçen süre (dk)	10.23	9.50	7.58
	Kayma, s/ml	0.906	0.971	0.716
	Eğim $\times 10^5$, s/ml ²	286	219	193
	Spesifik kek direnci $\times 10^{-9}$, m/kg	1.36	1.13	1.08
	Ekivalent süzüntü hacmi, ml	319	443	370
300	460 ml süzüntü toplamak için geçen süre (dk)	6.80	6.62	5.27
	Kayma, s/ml	0.509	0.604	0.430
	Eğim $\times 10^5$, s/ml ²	222	182	161
	Spesifik kek direnci, m/kg	1.59	1.40	1.35
	Ekivalent süzüntü hacmi, ml	230	333	267
400	460 ml süzüntü toplamak için geçen süre (dk)	4.83	4.10	4.67
	Kayma, s/ml	0.260	0.267	0.389
	Eğim $\times 10^5$, s/ml ²	194	149	136
	Spesifik kek direnci, m/kg	1.86	1.54	1.52
	Ekivalent süzüntü hacmi, ml	134	179	286

Tablo 5.1'den görüldüğü gibi, basınç sabit kaldığı sürece, 80 °C ve 85 °C' deki spesifik kek dirençleri 70 °C' dekine kıyasla birbirine daha yakın değerler olmasına rağmen 70 °C' de yapılan süzme deneylerinde elde edilen veriler ile hesaplanan spesifik kek direnci 80 °C ve 85 °C' deki deneylerden elde edilen veriler ile hesaplanan spesifik kek dirençlerinden sapma göstermektedir. Ayrıca 460 ml süzüntü elde edebilmek için geçen süre süzme sıcaklığı ve süzme basıncı arttıkça azalmaktadır; 400 mm Hg süzme basıncında yapılan deneylerde sıcaklığın 80°C' den 85°C' ye çıkmasıyla 460 ml süzüntü toplamak için geçen süre artmıştır. Süzme

hızları uygulanan basıncın artmasıyla eşitlik (3.23) gereğince artmaktadır.

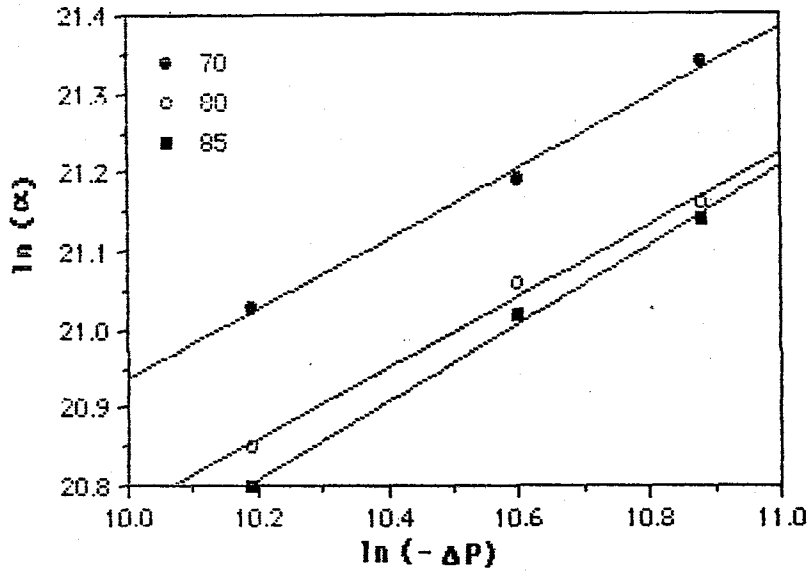
Süzme basıncındaki artış kekin gözenekliliğini azalttığından eşitlik (3.11) gereğince daha yüksek spesifik kek direnci elde edilmektedir. Süzme basıncının artmasıyla spesifik kek direncinin artması filtre kekinin sıkıştırılabilir özelliğe olduğunu göstermektedir.

Sabit sıcaklıkta ve değişik basınç farklarında yapılan süzme işlemlerinde $\ln(-\Delta P)$ değerlerine karşılık $\ln \alpha$ değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğruların eğim ve kaymalarından kek sıkıştırılabilirlik faktörleri (ν) ve birim basınç farkındaki spesifik kek direnci (α_p) bulunmuştur. Tablo 5.2' de $\ln(-\Delta P)$ ve farklı sıcaklıklardaki $\ln \alpha$ değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2. Kek Direncinin Süzme Basıncı ile Değişimi

$\ln(-\Delta P)$	70°C	80°C	85°C
	$\ln \alpha$	$\ln \alpha$	$\ln \alpha$
10.19	21.03	20.85	20.08
10.60	21.19	21.06	21.02
10.88	21.34	21.16	21.14

$\ln \alpha$ 'nın $\ln(-\Delta P)$ ile değişimi Şekil 5.7' de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Kek direncinin süzme basıncı ile değişimi

Tablo 5.3' de her sıcaklık için bulunan α_0 ve ν değerleri verilmiştir.

Tablo 5.3. Farklı Sıcaklıklarda α_0 ve ν Sabitlerinin Değerleri

Sıcaklık(°C)	$\alpha_0 \times 10^{-7} (\text{mkg}^{-1} \text{Pa}^{-\nu})$	ν
70	1.45	0.45
80	1.12	0.45
85	0.69	0.50

Çamurlu şerbetin süzülmesi sırasında oluşan kekin direncinin süzme basıncı ile değişimini gösteren eşitlikler farklı sıcaklıklar için aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$70^\circ\text{C} : \alpha = 1.45 \times 10^7 (-\Delta P)^{0.45} \quad (5.1)$$

$$80^\circ\text{C} : \alpha = 1.12 \times 10^7 (-\Delta P)^{0.45} \quad (5.2)$$

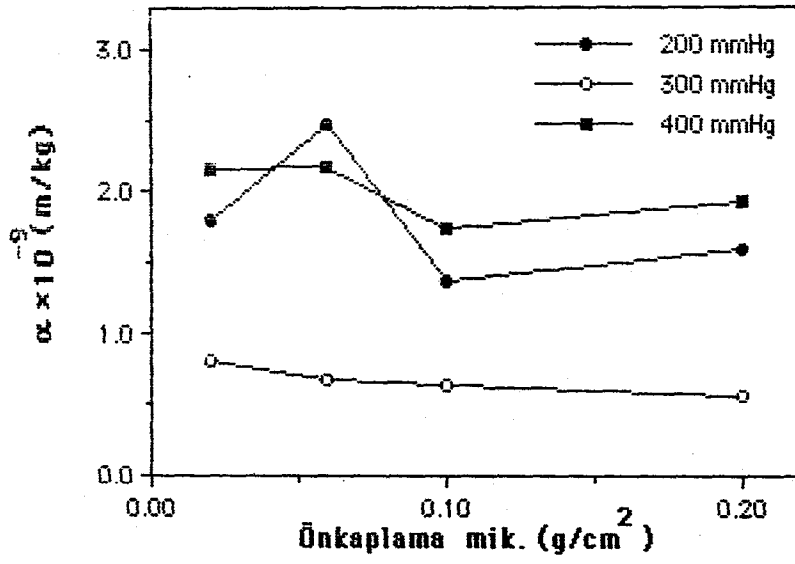
$$85^\circ\text{C} : \alpha = 0.69 \times 10^7 (-\Delta P)^{0.50} \quad (5.3)$$

5.3. Süzme Yardımcı Maddesinin Süzme Hızına Etkisi

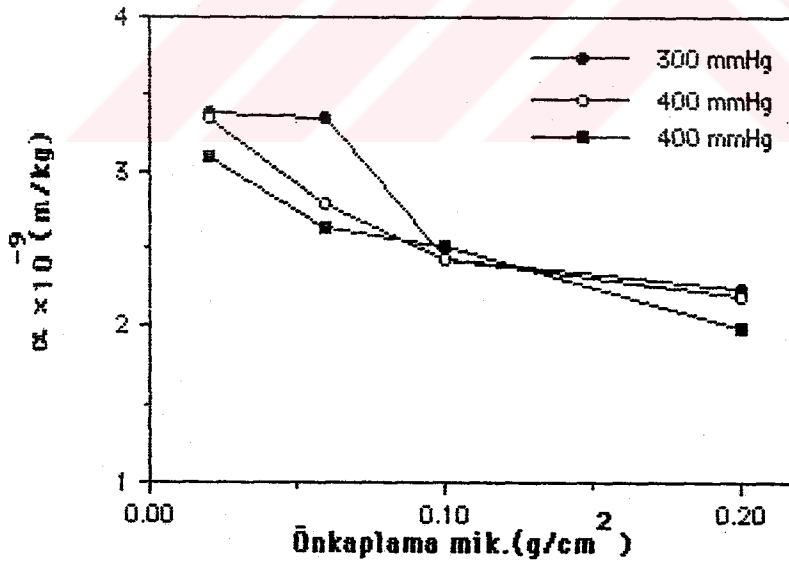
Bu çalışmada, süzme işleminin etkinliğini artırmak için süzme ortamı süzme yardımcı maddesi ile kaplanmış, beslemeye süzme yardımcı maddesi ilave edilmiş veya her iki teknik birlikte uygulanmıştır. Süzme yardımcı maddeleri sert yapılı, çok ince öğütülmüş, sağlam katı parçacıklardan ibaret olup, sıkıştırılamaz bir karaktere sahiptir. Endüstride kullanılan en önemli süzme yardımcı maddeleri kizelgur ve perlittir. Bu çalışmada da 1.karbonatlama çamurunun kizelgur ve perlit ile süzülmesi denemeleri yapılmıştır.

5.3.1. Önkaplamanın süzme hızına etkisi

Kizelgur ve perlit süzme yardımcı maddeleri 0.02, 0.06, 0.10 ve 0.20 g/cm² süzme alanı miktarlarında süzme ortamı üzerine önkaplanmıştır. Şekil 5.8 ve 5.9' da kizelgur ve perlit için 80°C' de ve değişik basınç farklarında yapılan deneylerde önkaplama miktarına karşı, hesaplanan spesifik kek dirençleri grafikleri verilmiştir.



Şekil 5.8. Kizelgur önkaplama miktarının spesifik kek direncine etkisi

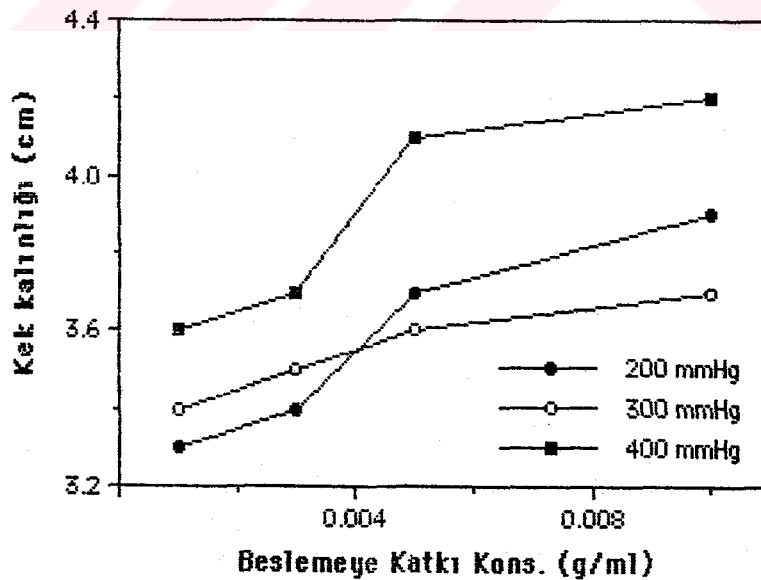


Şekil 5.9. Perlit önkaplama miktarının spesifik kek direncine etkisi

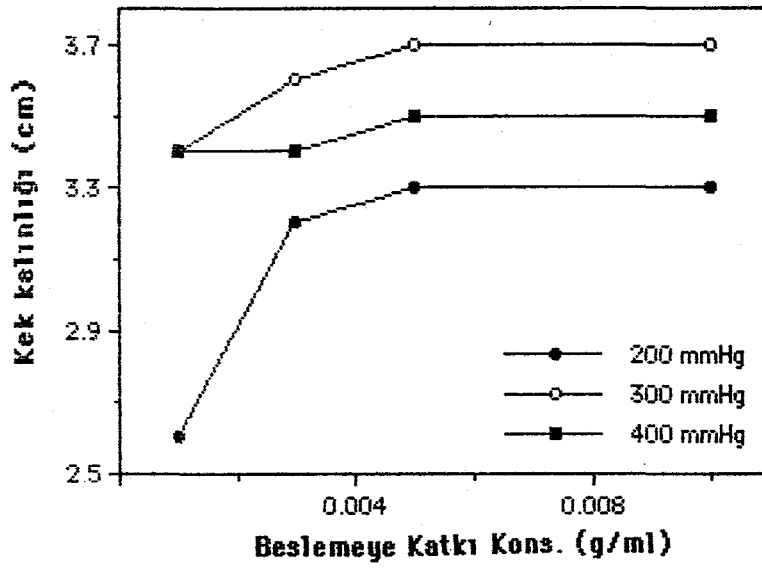
Önkaplama kizelgurun kullanıldığı süzme deneylerinde en düşük spesifik kek direnci 300 mmHg süzme basıncı uygulanan deneylerde gözlenmiştir. Önkaplama perlitin kullanıldığı süzme deneylerinde önkaplama miktarı arttıkça spesifik kek direnci de azalmaktadır.

5.3.2. Beslemeye katkı işleminin süzme hızına etkisi

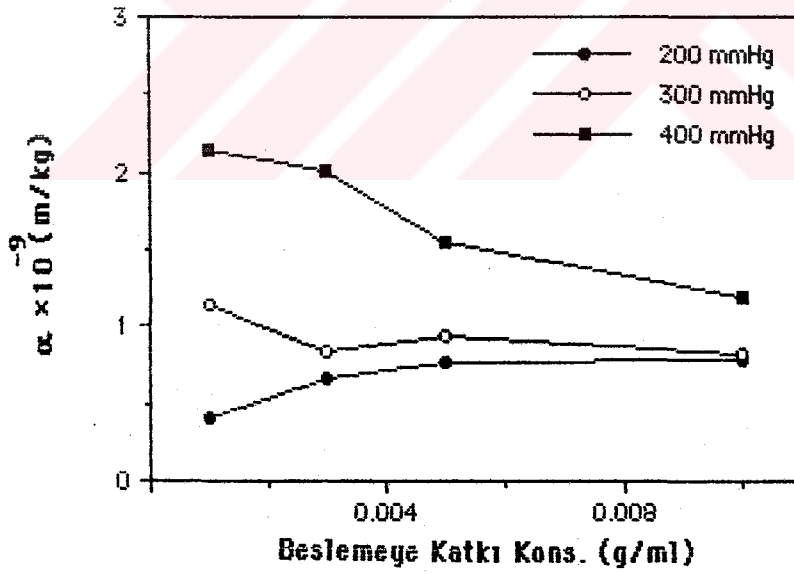
Kizelgur ve perlit 0.001, 0.003, 0.005 ve 0.010 g/ml besleme konsantrasyonlarında beslemeye homojen olarak karıştırılmış ve çamurlu şerbetin 80°C de değişik basınç farklarında süzülmesi sırasında, beslemeye ilave edilen süzme yardımcı maddesinin kek direncine etkisi hakkında veriler elde edilmiştir. Beslemeye katkı konsantrasyonuna karşı çizilen yağ kek kalınlıklarının grafikleri Şekil 5.10 ve 5.11' de, beslemeye ilave edilen süzme yardımcı maddesinin miktarına göre kek dirençlerindeki değişimler Şekil 5.12 ve 5.13'de gösterilmiştir.



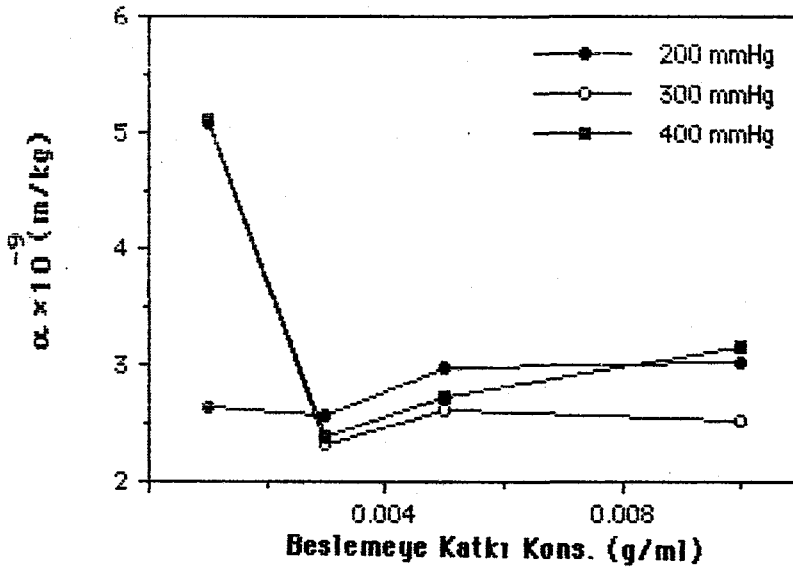
Şekil 5.10. Beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonunun kek kalınlığına etkisi



Şekil 5.11. Beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun kek kalınlığına etkisi



Şekil 5.12. Beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonunun spesifik kek direncine etkisi



Şekil 5.13. Beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun spesifik kek direncine etkisi

Beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonunun artmasıyla kek kalınlıklarında artış gözlenmiştir. Perlit süzme yardımcı maddesinin beslemeye katkı konsantrasyonunun artmasıyla 0.005 g/ml değerine kadar kek kalınlıklarında artış gözlenmiştir. Daha sonra beslemeye katkı konsantrasyonunun artmasıyla kek kalınlıklarında bir artış olmamıştır.

Kizelgur ile yapılan deneylerde süzme basıncının artması ile spesifik kek direnci artmıştır. 200 ve 300 mmHg süzme basınçlarında yapılan deneylerde beslemeye katkı konsantrasyonunun 0.003 g/ml' den daha fazla artmasının spesifik kek direnci üzerinde pratik olarak bir etkisi olmamaktadır. 300 ve 400 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde beslemeye katkı konsantrasyonu 0.003 g/ml iken spesifik kek direncinde hızlı bir azalma olmaktadır. 0.003g/ml konsantrasyondan sonra en düşük spesifik kek direnci 300 mmHg süzme basıncında yapılan deneylerde gözlenmiştir.

Farklı miktardaki süzme yardımcı maddesinin karşılaştırılması, süzme yardımcı maddesinin ekstra katı etkisini ortadan kaldırılarak yapılmalıdır. Eşitlik 3.24' de kek direnci α_c ile orantılıdır. Bu direnç hem çözünmeyenlerin hem de süzme yardımcı maddesinin dirençlerini içermektedir Tiller vd. (1977) bu amaçla

$$\alpha_j c_j = \alpha_c c \quad (5.4)$$

şeklinde tanımlanan bir α_j hayali kek direncini hesaplamışlardır. Burada c_j birim süzüntü hacmi başına süzme yardımcı maddeleri dışındaki süzme ortamında biriken katıların kütesidir. Süzme yardımcı maddeleri dışındaki katı maddeler için kütle dengesi yapıldığında

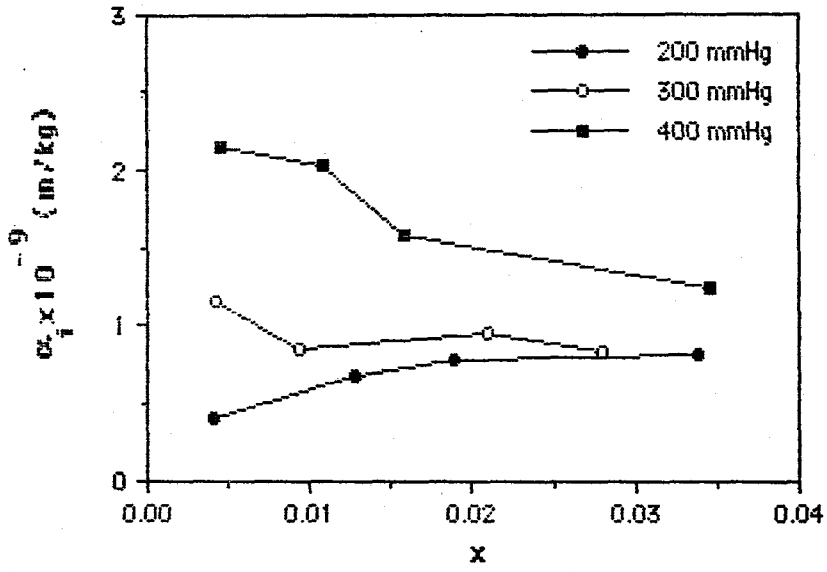
$$c_j = c (1-x) \quad (5.5)$$

eşitliği elde edilir. Burada x süzme yardımcı maddesinin ağırlık oranıdır. Eşitlik (5.4) ve (5.5)'nin birleştirilmesiyle

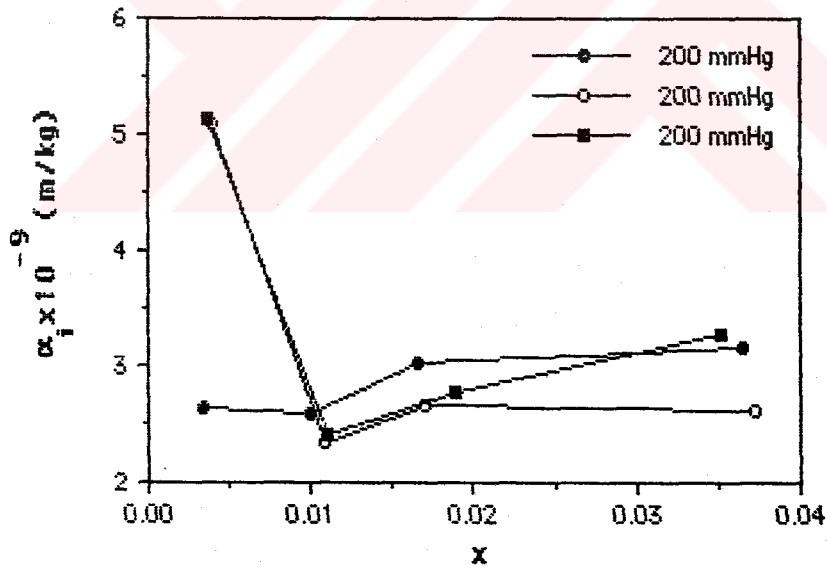
$$\alpha_j = \alpha_c / (1-x) \quad (5.6)$$

eşitliği elde edilir.

Sadece süzme yardımcı maddesi dışındaki katılar için eşitlik (5.6)'dan hesaplanan (spesifik kek direnci-beslemeye katkılı süzme yardımcı maddesi ağırlık oranı, x) değerleri Şekil 5.14 ve 5.15' de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi

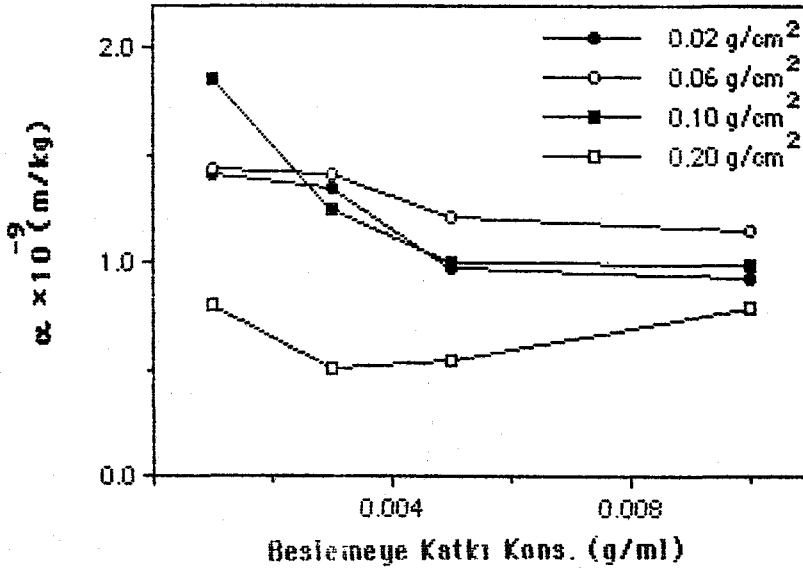


Şekil 5.15. Beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi

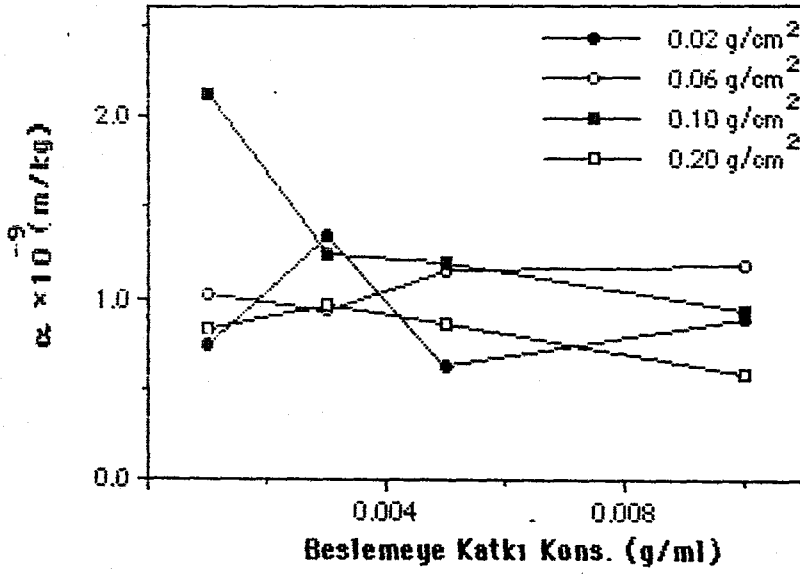
Kizelgur ile yapılan deneylerde kizelgur dışındaki beslemede bulunan katıların spesifik kek direnci 200 mmHg süzme basıncında yapılan deneylerde beslemeye katkılı süzme yardımcı maddesi ağırlık oranının (x) artmasıyla artmış, 300 ve 400 mmHg süzme basıncında yapılan deneylerde ise azalmıştır. Perlit ile yapılan deneylerde tüm süzme basınçlarında beslemeye katkılı süzme yardımcı maddesi ağırlık oranının yaklaşık 0.01 olduğu durumdan sonra x değerlerinin artması perlit dışındaki beslemedeki katıların spesifik kek direncini pek fazla etkilememiştir.

5.3.3. Önkaplama ve beslemeye katkı işlemlerinin birlikte uygulanmasının süzme hızına etkisi

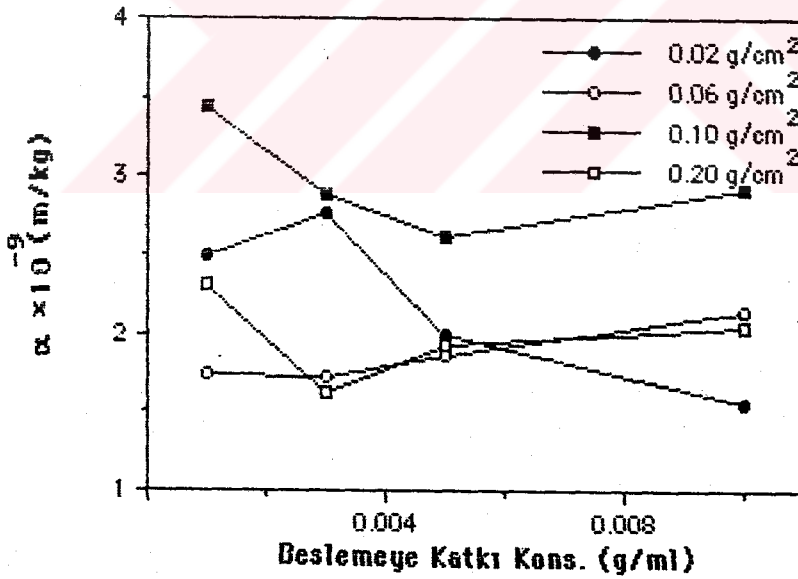
Kizelgur ve perlit için önkaplama miktarına ve beslemeye katkı konsantrasyonuna karşı deneysel verilerden hesaplanan 80°C sıcaklıkta ve farklı basınçlardaki spesifik kek dirençleri grafikleri kizelgur için Şekil 5.16 - 5.21' de, perlit için ise Şekil 5.22 - 5.27' de gösterilmiştir.



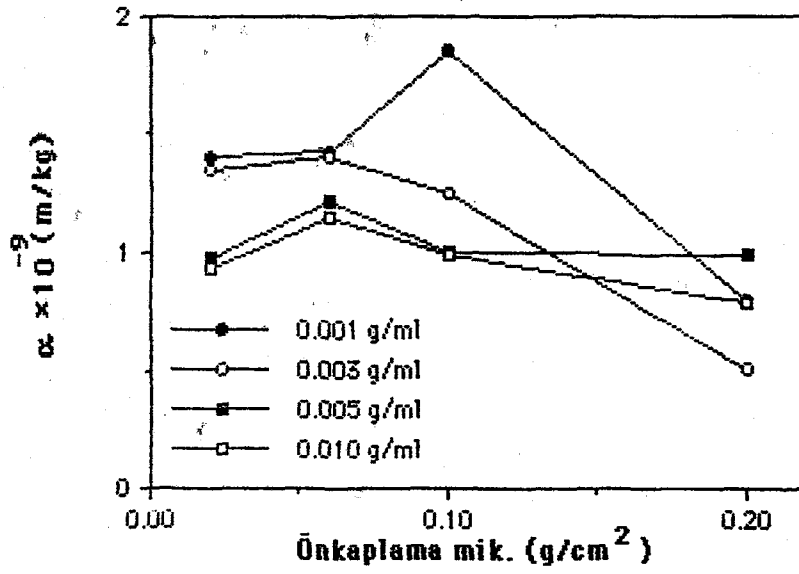
Şekil 5.16. Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi (-ΔP=200 mmHg)



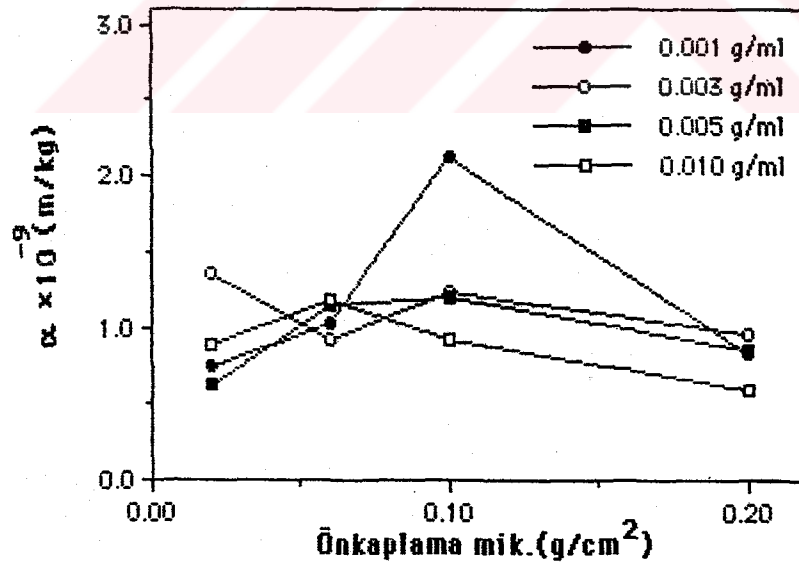
Şekil 5.17. Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)



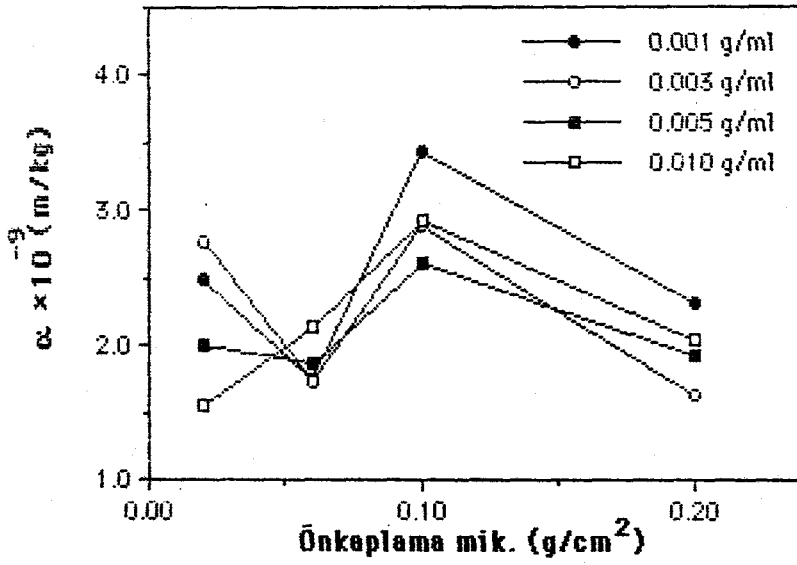
Şekil 5.18. Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)



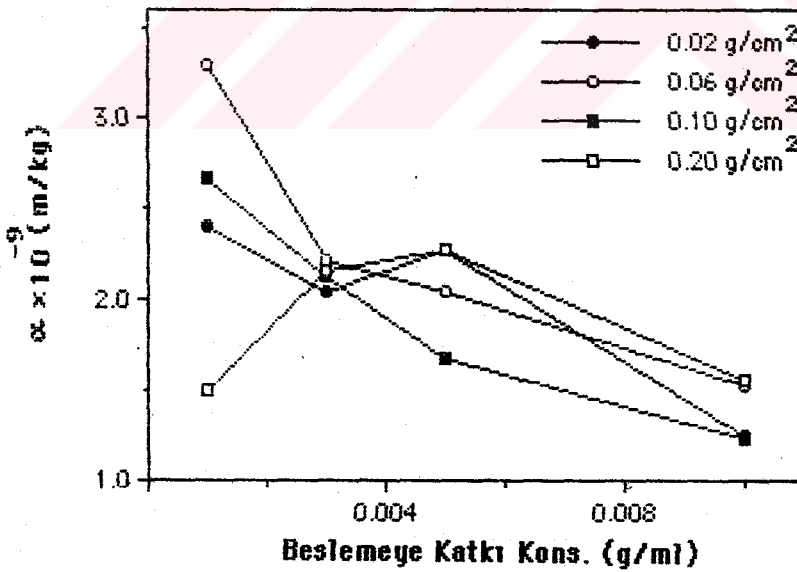
Şekil 5.19. Farklı beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında kizelgur önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi (-ΔP=200 mmHg)



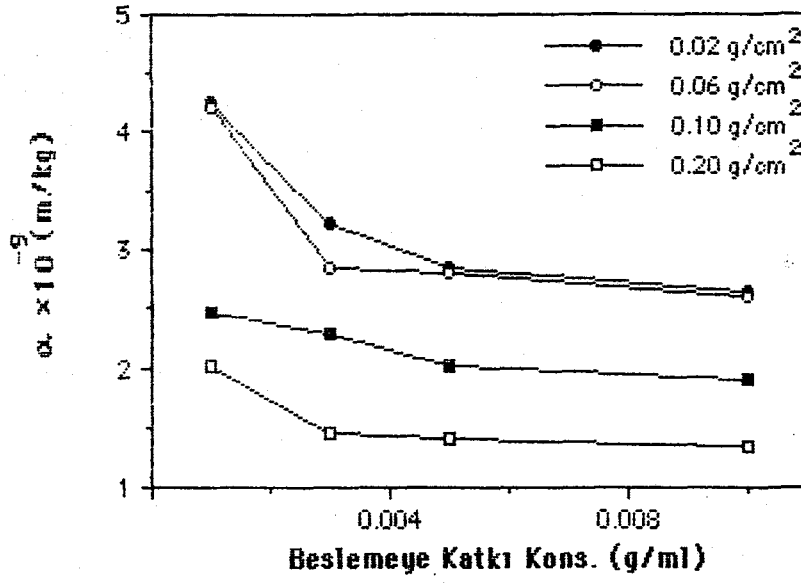
Şekil 5.20. Farklı beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında kizelgur önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi (-ΔP=300 mmHg)



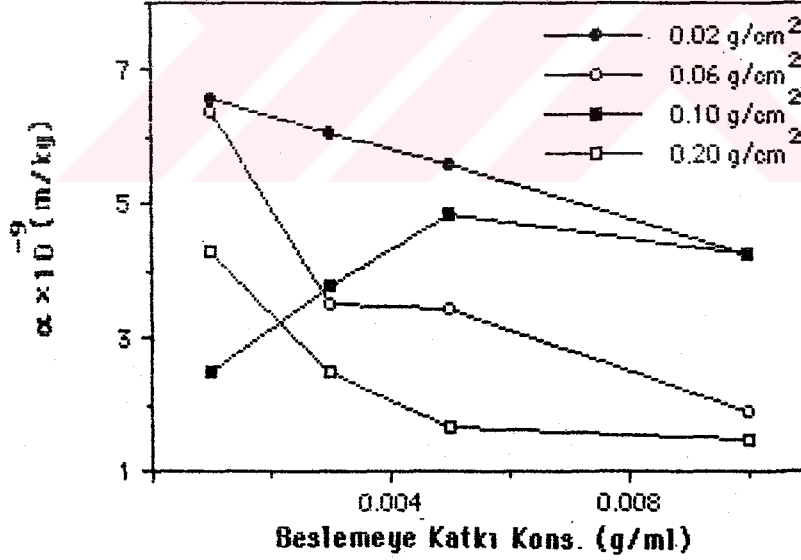
Şekil 5.21. Farklı beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında kizelgur önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)



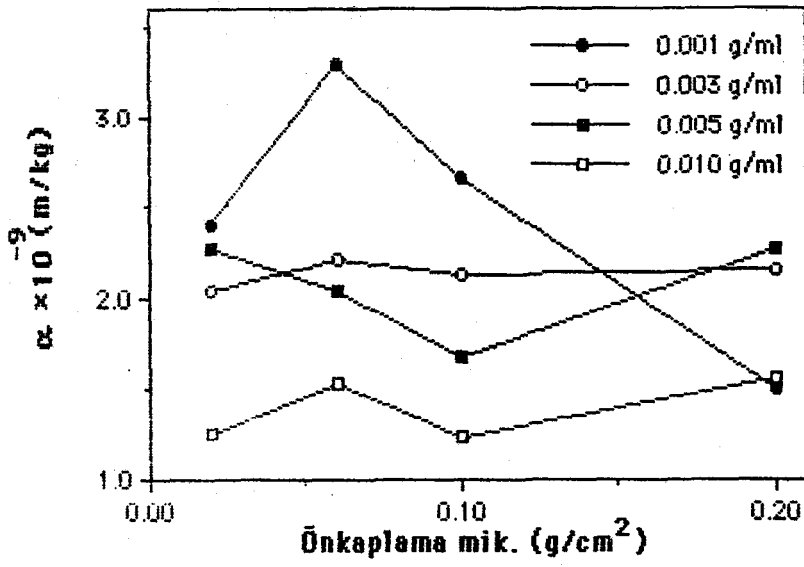
Şekil 5.22. Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemeye perlit katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)



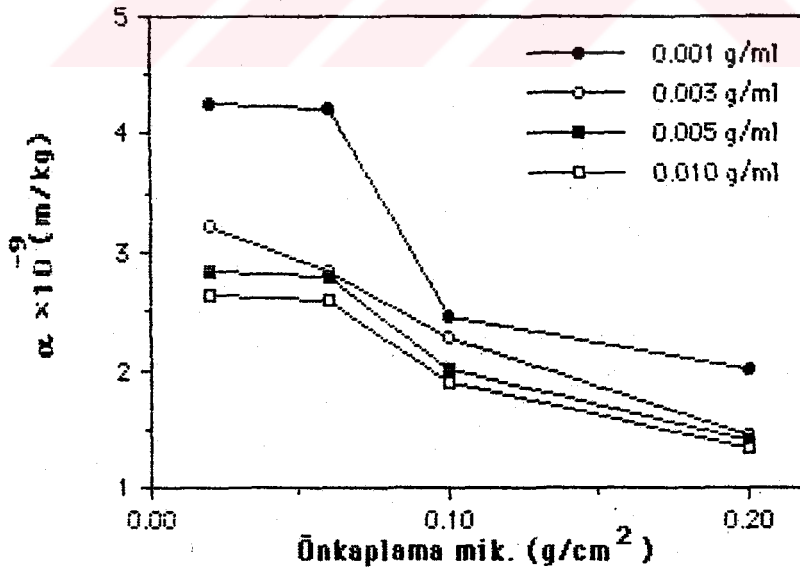
Şekil 5.23. Farklı perlit önkaplama miktarlarında besleme perlit katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)



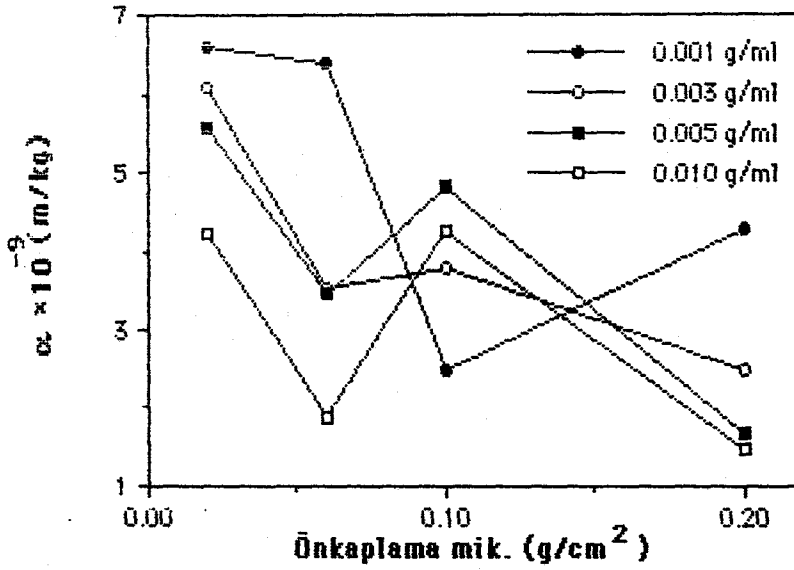
Şekil 5.24. Farklı perlit önkaplama miktarlarında besleme perlit katkı konsantrasyonu ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)



Şekil 5.25. Farklı beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında perlit önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)



Şekil 5.26. Farklı beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında perlit önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)

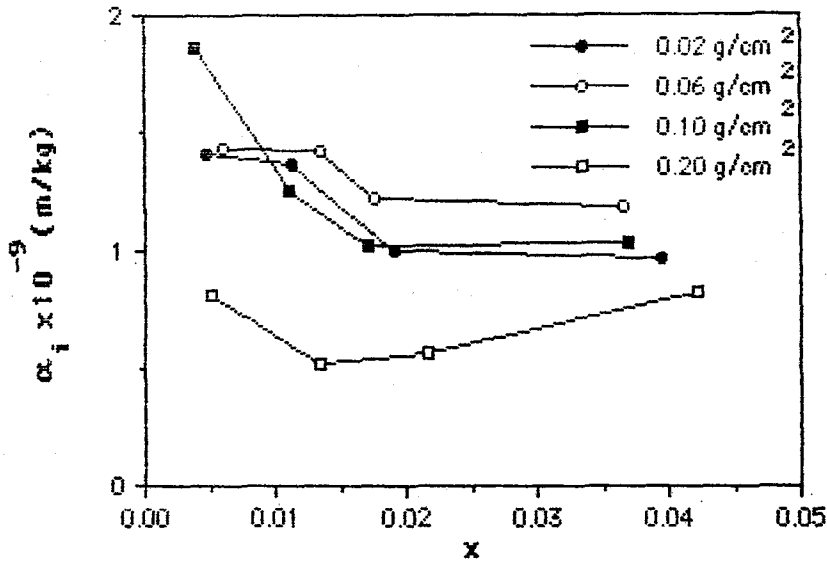


Şekil 5.27. Farklı beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında perlit önkaplama miktarı ile spesifik kek direncinin değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)

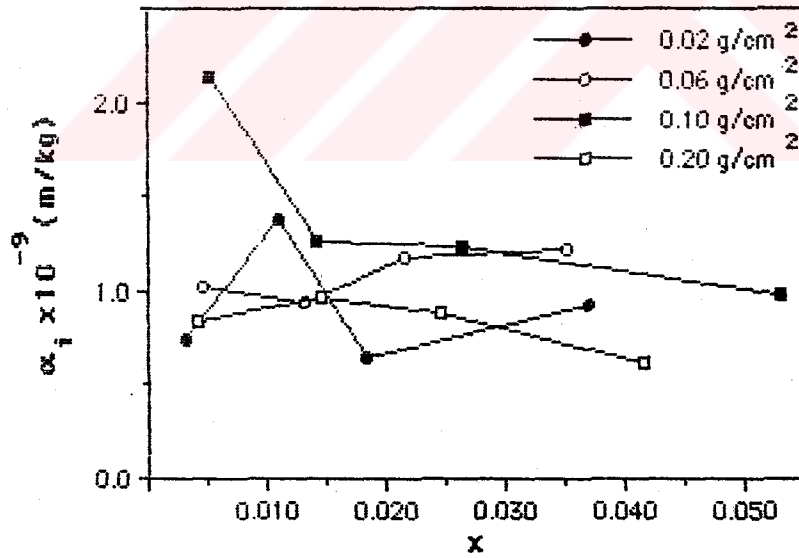
200 mmHg süzme basıncında kizelgur ile yapılan deneylerde 0.02, 0.06 ve 0.10 g/cm² önkaplama miktarlarında yapılan deneylerde beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonunun artmasıyla spesifik kek dirençleri azalmıştır (Şekil 5.16, Şekil 5.19). 0.20 g/cm² önkaplama miktarında yüksek beslemeye kizelgur katkı konsantrasyonlarında spesifik kek direncinin artmasının nedeni dolgulu yatak yüksekliğinin artmasıdır. 300 mmHg süzme basıncında kizelgur ile yapılan deneylerde parametrelerin değişmesi spesifik kek direncini önemli ölçüde etkilememiştir (Şekil 5.17, Şekil 5.20). 400 mmHg süzme basıncında kizelgur ile yapılan deneylerde 0.02 ve 0.10 g/cm² önkaplama miktarlarında beslemeye katkı konsantrasyonundan bağımsız olarak spesifik kek dirençlerinde artma, 0.06 ve 0.20 g/cm² önkaplama miktarlarında ise azalma gözlenmiştir (Şekil 5.16, Şekil 5.21). 200 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde 0.003 g/ml perlit katkı konsantrasyonunda spesifik kek direncinin perlit

önkaplama miktarından etkilenmediği gözlenmiştir. Bu durum 200 mmHg süzme basıncında dolgulu yatak direncinin önkaplama miktarından bağımsız olduğunu göstermektedir (Şekil 5.22, Şekil 5.25). 300 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun artması tüm önkaplama miktarlarında spesifik kek direncini azaltmıştır. Bunun nedeni yüksek beslemeye perlit katkı konsantrasyonlarında süzme yardımcı maddesi kanallarının katı parçacıklar ile daha az tıkanmasıdır (Şekil 5.23, Şekil 5.26). 400 mm Hg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde 0.02, 0.06 ve 0.20 g/cm² perlit önkaplama miktarlarında perlit katkı konsantrasyonunun artmasıyla spesifik kek direnci azalmıştır. 0.10 g/cm² perlit önkaplama miktarında spesifik kek direncinin artmasına, muhtemelen bu süzme basıncında derinliğin artmasıyla dolgulu yatak direncinin ve süzme süresinin artması neden olmaktadır.(Şekil 5.24, Şekil 5.27).

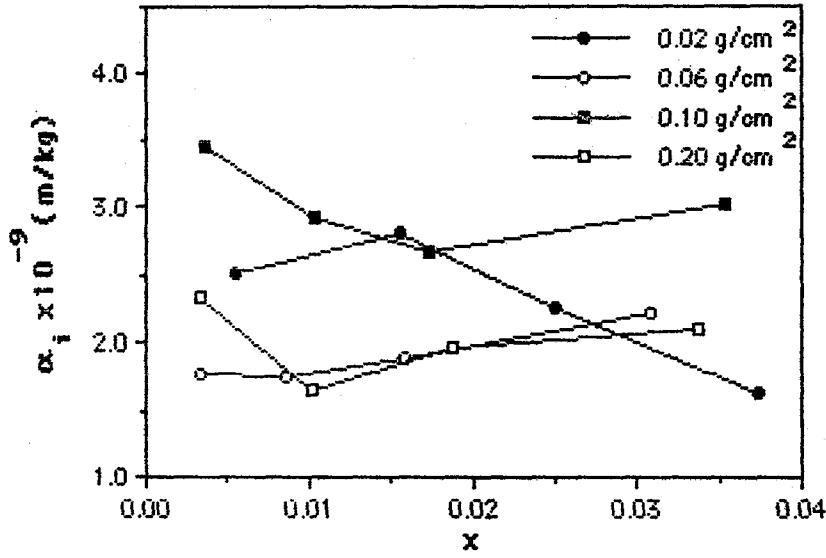
80°C sıcaklıkta ve farklı basınçlarda yapılan süzme deneylerinde, sadece süzme yardımcı maddesi dışındaki katılar için Eşitlik 5.6'dan hesaplanan değerlerle çizilen (spesifik kek direnci-süzme yardımcı maddesi ağırlık oranı,x) grafikleri kizelgur için Şekil 5.28- 5.30' da, perlit için Şekil 5.31-5.33 de gösterilmiştir.



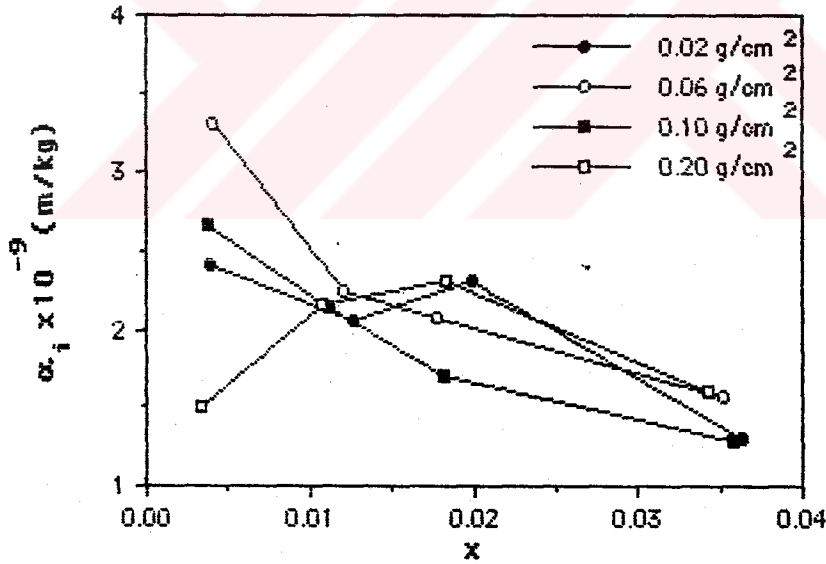
Şekil 5.28. Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=200$ mmHg)



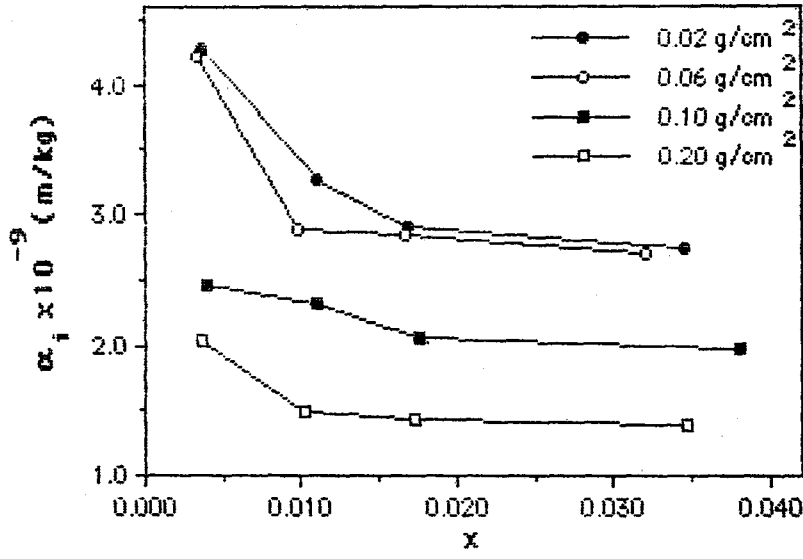
Şekil 5.29. Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=300$ mmHg)



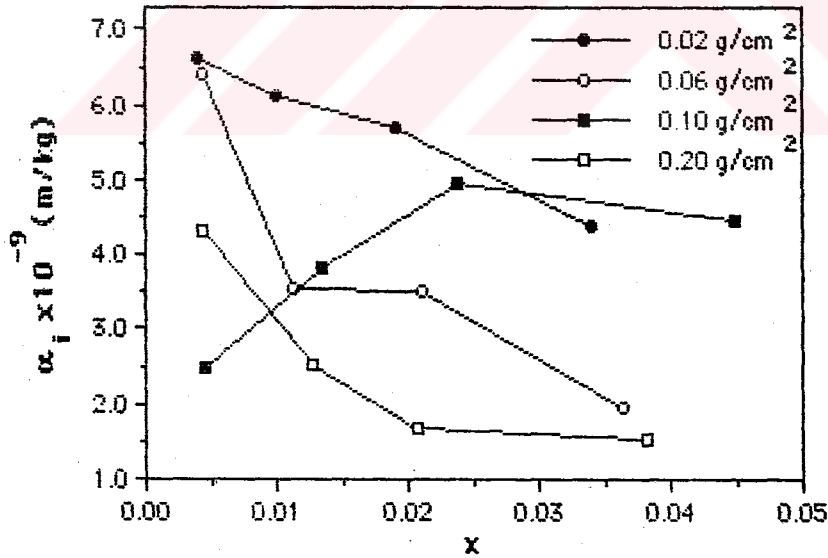
Şekil 5.30. Farklı kizelgur önkaplama miktarlarında beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı kizelgur ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=400$ mmHg)



Şekil 5.31. Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=200$ mmHg)



Şekil 5.32. Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=300$ mmHg)



Şekil 5.33. Farklı perlit önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncine (α_i) beslemeye katkılı perlit ağırlık kesrinin etkisi ($-\Delta P=400$ mmHg)

Kizelgur ile yapılan deneylerde 200 mmHg süzme basıncında 0.02, 0.06 ve 0.10 g/cm² kizelgur önkaplama miktarlarında kizelgur ağırlık oranının (x) artmasıyla kizelgur dışındaki beslemedeki katıların spesifik kek direnci artmıştır (Şekil 5.28). 300 mmHg süzme basıncında yapılan deneylerde tüm önkaplama miktarlarında kizelgur ağırlık oranının artması beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncini fazla etkilememiştir (Şekil 5.29). 400 mmHg süzme basıncında kizelgur ile yapılan deneylerde 0.02 ve 0.10 g/cm² önkaplama miktarlarında tüm kizelgur ağırlık oranlarında kizelgur dışındaki beslemedeki katıların spesifik kek direnci artmış, 0.06 ve 0.20 g/cm² önkaplama miktarlarında ise azalmıştır (Şekil 5.30). Şekil 5.16-5.21' de spesifik kek direncinde gözlenen değişim eşitlik (5.6) gereğince beslemedeki kizelgur dışındaki katıların spesifik kek direncinde de gözlenmektedir.

200 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde perlit ağırlık kesrinin (x) yaklaşık 0.01 olduğu durumlarda beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direnci perlit önkaplama miktarından etkilenmemektedir (Şekil 5.31). 300 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde perlit ağırlık oranının artması ile tüm önkaplama miktarlarında beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direnci azalmıştır (Şekil 5.32). 400 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde 0.02 , 0.06 ve 0.20 g/cm² perlit önkaplama miktarlarında perlit ağırlık oranının artması ile beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direnci azalmış, 0.10 g/cm² perlit önkaplaması miktarında ise artmıştır (Şekil 5.33). Şekil 5.22-5.27' de spesifik kek direncinde gözlenen değişim eşitlik (5.6) gereğince beslemedeki perlit dışındaki katıların spesifik kek direncinde de gözlenmektedir.

1. karbonatlama çamurunun süzülmesinde süzme basıncı ve süzme sıcaklığının süzme hızına etkisinin, kizelgur ve perlit gibi süzme yardımcı maddelerinin önkaplama miktarlarının ve beslemeye katkı konsantrasyonlarının spesifik kek dirençlerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada genel olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1-Süzme basıncının artmasıyla süzme hızı da artmıştır.

2-Belli bir miktar süzöntü toplamak için geçen süre süzme sıcaklığı ve süzme basıncı arttıkça azalmıştır.

3-Spesifik kek direnci, süzme basıncı sabit kaldığı sürece, 70 °C hariç süzme sıcaklığından pek fazla etkilenmemiştir.

4-Kek gözenekliği süzme basıncındaki artış ile azaldığından daha yüksek süzme basınçlarında daha yüksek spesifik kek dirençleri elde edilmiştir. Süzme basıncının artmasıyla spesifik kek direncinin artması, filtre kekinin sıkıştırılabilir özellikte olduğunu göstermektedir.

5-Süzme etkinliğini artırmak için süzme ortamının kizelgur ile önkaplandığı deneylerde 300 mmHg süzme basıncında en düşük spesifik kek direnci elde edilmiştir. Önkaplamalı perlitin kullanıldığı süzme deneylerinde önkaplama miktarı arttıkça kekin spesifik kek direnci de azalmıştır.

6-Kizelgur ve perlit süzme yardımcı maddelerinin beslemeye katkı konsantrasyonlarının artmasıyla tüm süzme basınçlarında kek kalınlıkları artmıştır.

7-Aynı beslemeye katkı konsantrasyonlarında süzme basıncının

artmasıyla spesifik kek direnci azalmıştır. 300 mmHg ve 400 mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde beslemeye katkı konsantrasyonu 0.003 g/ml iken spesifik kek direncinde hızlı bir azalma olmuştur.

B-Önkaplama ve beslemeye katkı işlemlerinin birlikte uygulanmasının süzme hızına etkisinin incelendiği deneylerde süzme yardımcı maddesi olarak kızılğur kullanıldığında, 200 mmHg süzme basıncında 0.02, 0.06, ve 0.10 g/cm² önkaplama miktarlarında beslemeye kızılğur katkı konsantrasyonunun artmasıyla spesifik kek direnci azalmıştır. 300 mmHg süzme basıncında parametrelerin değişmesi spesifik kek direncini değiştirmemiştir. 400 mmHg süzme basıncında ise 0.02 ve 0.10 g/cm² önkaplama miktarlarında beslemeye katkı konsantrasyonundan bağımsız olarak spesifik kek dirençlerinde artma, 0.06 ve 0.20 g/cm² önkaplama miktarlarında ise azalma gözlenmiştir. Aynı şekilde 200mmHg süzme basıncında perlit ile yapılan deneylerde 0.003 g/ml perlit katkı konsantrasyonunda spesifik kek direncinin perlit önkaplama miktarından etkilenmediği gözlenmiştir. 300 mmHg süzme basıncında beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun artmasıyla tüm önkaplama miktarlarında spesifik kek direnci azalmıştır. 400 mmHg süzme basıncında ise 0.02, 0.06 ve 0.20 g/cm² perlit önkaplama miktarlarında beslemeye perlit katkı konsantrasyonunun artmasıyla spesifik kek direnci azalmıştır.

Bu çalışmada, sulu şerbetin süzülmesi için uygun sıcaklık ve basınç farkı saptanmıştır. Süzme işlemi sırasında kek direncinin basınçla çok değiştiği ve kekin sıkıştırılabilen bir kek olduğu anlaşılmıştır. Sıkıştırılabilme faktörleri 70, 80 ve 85°C için sırasıyla 0.45, 0.45 ve 0.50 olarak hesaplanmıştır.

Süzme işlemini kolaylaştırmak amacıyla süzme yardımcı maddesi olarak kizelgur ve perlit kullanılmıştır. Süzme yardımcı maddelerinin ortama katılması sadece önkaplama, önkaplama ve beslemeye katkı beraber ve sadece beslemeye katkı olarak üç değişik şekilde yapılmıştır. Önkaplama ve beslemeye katkı tekniğinin birlikte uygulandığı deneylerde daha düşük spesifik kek dirençleri elde edilmiştir. Spesifik kek direncinin düşmesi süzme hızının artması anlamına geldiğinden 1.karbonatlama çamurunun süzülmesinde yüksek süzme hızlarına erişmek için önkaplama ve beslemeye katkı tekniğinin birlikte uygulanması gerekmektedir. Ancak süzme yardımcı maddesi olarak perlit kullanılmadan yapılan deneylerde aynı süzme basınç ve sıcaklığında hesaplanan spesifik kek dirençleri Tablo 5.1' den görüldüğü gibi önkaplama ve beslemeye katkı tekniğinin birlikte uygulandığı deneylerde elde edilen spesifik kek dirençlerinden daha düşüktür. Bu durum süzme yardımcı maddesi olarak kullanılan perlitin suya geçen katyonlarının viskoziteyi arttırmasına ve böylece süzme işleminin zorlaşmasına atfedilebilir. Ancak süzme yardımcı maddesi kullanılması ile filtrasyon süzüntüsü daha da berraklaşmıştır. Bu çalışmada elde edilen spesifik kek dirençleri, Lionnet (1984)' in farklı yılların ürünü Güney Afrika şeker kamışlarından farklı fabrikalarda elde edilen çamurların süzülmesinden elde ettiği spesifik kek dirençlerinden daha düşük çıkmıştır.

6. KAYNAKLAR

AKAKINCI, M., vd., 1970, **Şeker Teknisyenleri El Kitabı**, Türkiye Şeker Fab. A.Ş. Yayınları, Sayı:149,Bozak Matbaası, Ankara.

AKOĞLU, S.,1979, **Laboratuvar Mühendisleri Seminer Notları**,Türkiye Şeker Fab. A.Ş. Şeker Enstitüsü Yayını, Ankara.

BAYINDIRLI, L., ÖZİLGİN, M. and UNGAN, S., 1989, Modeling of Apple Juice Filtrations, **J.Food Sci.**, 54(4),1003-1006.

BENNETT, C.O. ve MYERS, J.E.,1988, **Momentum,Heat and Mass Transfer**, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore

ÇATALTAŞ, İ., 1985, **Kimyasal Proses Endüstrileri 2**, Dördüncü Baskı, İnkılap Kitabevi, İstanbul.

CENGİZ,H. İ., KAYIMOĞLU, E., ve AKYAR,O. Ç.,1986,Pekmez Toprağının Şerbet Arıtımına Etkisi, **Şeker**, 32(118), 27-31.

CRESS, D.L., ve WILLERSDORF, A. L.,1983, An Evaluation of a Horizontal Vacuum Filter, **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**,215-218.

EARLE, R. L.,1983, **Unit Operations in Food Processing**, İkinci Baskı , Pergamon Press.

EKEN, K.,1948, **Şeker Fabrikalarında İşletme Kontrolü El Kitabı**, Türkiye Şeker Fab. A.Ş, Yayın no:14,İstanbul.

EVRAUZ,Ö.,1985, Ayçiçeği Tablalarından Pektin Eldesinde Pektin Kalitesini Etkileyen Faktörler ve Konu İle İlgili Teknolojik Öneriler, **TÜBİTAK Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü**, Yayın no:92

EVRAUZ,Ö. ve BERÇİN, Ö.,1988, Perlit Süzme Yardımcı Maddesi Tipleri ve Kullanım Alanları, **TÜBİTAK Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü** , Yayın No:119.

- EVRANUZ, Ö., TEKE, İ., ERDAĞ, E. ve DİTYAPAK, İ., 1984, Etibank Perlit Tesis Müdürlüğü Tarafından Üretilen Perlit Süzme Yardımcı Maddesinin Süzme İşlemlerine Yararlılığı, **TÜBİTAK Beslenme Ve Gıda Teknolojisi Bölümü**, Yayın No:88.
- FAVIELL, M. K., LOGIE, J. R. and KARREN, B. L., 1991, The Canadian Experience with DDS Juice Purification, **Zuckerindustrie**, 116, 103-109.
- GARZA, F. D. L., ve BOULTON, R., 1984, The Modeling of Wine Filtrations, **American Journal of Enology and Viticulture**, 35(4), 189-195.
- GENÇ, A. ve TOSUN, İ., 1994, Sabit Basıncılı Filtrasyonda Çamur Derişimi Değişimi, **UKMK-1 Birinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı**, 1. Cilt, 17-26, Ankara.
- HILL, W. B., 1972, Decolorization and Filtration of Sugars, **Proceedings of The Filtration Society**, 681-683.
- JENNINGS, R. P., 1966, Modified Method for Determining Filterability of Carbonated Sugar Juices, **Proc. Annu. Congr. S. Afr. Sugar Technol. Assoc**, 40, 199-205.
- KIRK, R. E., ve DTHMER, D. F., 1967, Filtration, **Encyclopedia of Chemical Technology**, İkinci Baskı, 14, 264-285.
- KISHIHARA, S., TAMAKI, H., FUJII, S. and KOMOTO, M., 1989, Clarification of Technical Sugar Solutions Through A Dynamic Membrane Formed on a Porous Ceramic Tube, **Journal of Membrane Science**, 41, 103-114.
- LEE, D.J. and HSU, Y.H., 1993, Cake Formation in Capillary Suction Apparatus, **Ind. Eng. Chem. Res.**, 32, 1180-1185.
- LIONNET, G. R. E., 1984, The Specific Cake Resistance of South African Filter Muds, **International Sugar Journal**, 86(1023), 80-83.
- MADSEN, R.F., 1990, New Developments in the Purification of Beet Sugar, **International Sugar Journal**, 92(1103), 221-223.
- McCABE, W.L. vd., 1985, **Unit Operations of Chemical Engineering**, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

MITCHELL, R. W., JOHN, E. C., JOHN, W. D. and JOHN, B. P., 1993, Optimizing First Carbonation-Settling Aid Usage and Underflow Desugarization, **Journal of Sugar Beet Research**, 30(1-2), 109.

MURPHY, A., PUNTER, G. A. and THOMSON, P. D., 1991, Enhancements to a Three Boiling Scheme IV. Thick Juice Filtration, **International Sugar Journal**, 93(1109), 95-96.

NICHOLAS, B. and SMITH, R., 1991, Automatic Pressure Filtration of Carbonation Mud and Pyrmont Refinery, **International Sugar Journal**, 93 (1105), 9-15.

NOURUZHAN, H., 1955, **Pancar Şekeri Fabrikasyonu Teknolojisi**, Türkiye Şeker Fab. A.Ş. Yayınları, Sayı:31, Yıldız Matbaası, Ankara.

PERRY, R.H. and GREEN, D., 1984, **Perry's Chemical Engineers' Handbook**, Sixth Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore

ROBERTS, E. and GODSHALL, M.A., 1979, Effect of Temperature upon Filtration Filtration Efficiency, **Publ. Tech. Pap. Proc. Anny. Meet Sugar Ind. Technol.**, 38, 113- 123.

RUTH, B.F., 1935, Studies in Filtration III. Derivation of General Filtration Equations, **Ind.Eng.Chem.**, 27, 708-723.

SALDAMLI, İ. ve SALDAMLI, E., 1990, **Gıda Endüstrisi Makinaları**, 1.Baskı, Önder Matbaa, Ankara.

SCHNEIDER, F. (Çeviri: BOZOK, O., vd.), 1971, **Şekerin Teknolojisi**, Türkiye Şeker Fab. A.Ş. Yayınları, Sayı:168, Ajans Türk Matbaacılık, Ankara.

TAKAI, R., ABE, H., WATANABE, H., HASEGAWA, H. and SAKAI, Y., 1987, Average Specific Cake Resistance Determined in The Presence of Sedimentation in Filtration of Starch Slurry under Constant Pressure, **Journal of Food Engineering**, 9, 265-275.

TAYGUN, N., 1976, **Şeker Sanayiinde Filtrasyon**, İşletme Mühendisleri Seminer Notları, Cilt 1, Türkiye Şeker Fab. A.Ş. Şeker Enstitüsü, Ankara

TAYGUN, N., ve ÇETİN, C., 1977, Türkiye' de Kizelgur Üretimi Nasıl Gerçekleşti ?, **Şeker**, 15 (104), 1-15.

TILLER, F. M., ALCIATORE, A. and SHIRATO, M., 1977, Filtration in the Chemical Process Industry. In: C. Orr (Editor) , **Filtration Principles And Practices**, Part I. Marcel Dekker Inc., New York.

WU, Y., 1994, An Analysis of Constant-Pressure Filtration, **Chemical Engineering Science** , 49(6), 831-836.



EKLER

Tablo E.1. Sulu Çamurdaki Şeker Miktarının (100/110 metodu) Hesaplanmasında Kullanılan F Faktörleri (Akoğlu, 1979)

100 ml. Çamur Ağı. (gram)	FAKTÖRLER									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
103	2.67	2.59	2.52	2.45	2.37	2.31	2.24	2.17	2.12	2.05
104	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.76	1.72	1.67	1.65	1.61
105	1.58	1.55	1.52	1.49	1.46	1.43	1.41	1.38	1.36	1.33
106	1.30	1.28	1.26	1.24	1.23	1.21	1.19	1.17	1.15	1.13
107	1.11	1.10	1.08	1.07	1.05	1.04	1.02	1.01	0.99	0.97
108	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
109	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77
110	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70
111	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63
112	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	0.59	0.59	0.58	0.58
113	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54	0.53
114	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50
115	0.49	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46
116	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42
117	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40
118	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38
119	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35
120	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
121	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
122	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30
123	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28
124	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
125	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26

EK-2.1. Karbonatlı Çamurunun Farklı Süzme Sıcaklık ve Basınçlarında Sabit Basıncıta Süzülmesi Deneyleri için Süzme Hızı Verileri ve Hesaplanan Spesifik Kek Dirençleri

Tablo E2.1 70 °C' de Farklı Süzme Basınçlarında Süzülen Çamurlu Şerbet için Filtrasyon Deney Verileri

V(ml)	t(s)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
100	0	0	0
160	79	49	30
220	161	102	67
280	258	164	112
340	369	239	175
400	492	320	233
460	614	408	290
520	746	502	362
550	-	553	-
560	848	-	-
580	-	-	441
640	-	-	525
664	-	-	562

Tablo E2.2 80 °C' de Farklı Süzme Basınçlarında Süzülen Çamurlu Şerbet için Filtrasyon Deney Verileri

V(ml)	t(s)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
100	0	0	0
160	72	52	28
220	156	109	62
280	250	174	100
340	351	244	147
400	458	318	194
460	570	397	246
480	610	-	-
520	-	484	304
580	-	585	368
605	-	628	-
640	-	-	438
670	-	-	476

Tablo E2.3 85 °C' de Farklı Süzme Basınclarında Süzülen Çamurlu Şerbet İçin Filtrasyon Deney Verileri

V(ml)	t(s)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
100	0	0	0
160	55	38	33
220	120	80	69
280	192	132	114
340	274	189	165
400	363	251	221
460	455	316	280
520	552	390	343
560	623	-	-
570	-	455	398

Tablo E2.4 70 °C' de Farklı Süzme Basınclarında Süzülen Çamurlu Şerbet İçin dt/dV ' nin V ile Değişimi

V(ml)	dt/dV (s ml ⁻¹)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
130	1.32	0.83	0.50
190	1.37	0.88	0.62
250	1.62	1.03	0.75
310	1.85	1.25	0.88
370	2.03	1.35	0.97
430	2.05	1.45	1.12
490	2.20	1.58	1.20
535	-	1.70	-
540	2.55	-	-
550	-	-	1.31
610	-	-	1.41
652	-	-	1.55

Tablo E2.5 80 °C' de Farklı Süzme Basınçlarında Süzülen Çamurlu Şerbet için dt/dV ' nin V ile Değişimi

V (ml)	dt/dV (s ml ⁻¹)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
130	1.20	0.88	0.47
190	1.40	0.95	0.57
250	1.58	1.08	0.63
310	1.68	1.17	0.75
370	1.77	1.21	0.80
430	1.88	1.33	0.88
470	2.00	-	-
490	-	1.44	0.97
550	-	1.68	1.07
592.5	-	1.72	-
610	-	-	1.16
655	-	-	1.29

Tablo E2.6 85 °C' de Farklı Süzme Basınçlarında Süzülen Çamurlu Şerbet için dt/dV ' nin V ile Değişimi

V (ml)	dt/dV (s ml ⁻¹)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
130	0.92	0.63	0.55
190	1.08	0.70	0.60
250	1.20	0.88	0.75
310	1.38	0.95	0.85
370	1.48	1.03	0.94
430	1.53	1.09	0.99
490	1.62	1.23	1.03
540	1.75	-	-
545	-	1.30	1.10

Tablo E2.7 Kizelgur Önkaplama Miktarının Spesifik Kek Direncine Etkisi

Önkaplama miktarı (g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}$ (m/kg)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
0.02	1.80	0.80	2.15
0.06	2.48	0.68	2.18
0.10	1.37	0.63	1.74
0.20	1.59	0.57	1.93

Tablo E2.8. Perlit Önkaplama Miktarının Spesifik Kek Direncine Etkisi

Önkaplama miktarı (g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}$ (m/kg)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
0.02	3.38	3.35	3.10
0.06	3.35	2.79	2.64
0.10	2.43	2.44	2.51
0.20	2.24	2.19	1.99

Tablo E2.9. Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonunun Kek Kalınlığına Etkisi

Beslemeye katkı kons. (g/ml)	Kek kalınlığı (cm)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
0.001	3.3	3.4	3.6
0.003	3.4	3.5	3.7
0.005	3.7	3.6	4.1
0.010	3.9	3.7	4.2

Tablo E2.10. Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonunun Kek Kalınlığına Etkisi

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	Kek kalınlığı (cm)		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
0.001	2.6	3.4	3.4
0.003	3.2	3.6	3.4
0.005	3.3	3.7	3.5
0.010	3.3	3.7	3.5

Tablo E2.11. Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonunun Spesifik Kek Direncine Etkisi

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(m/kg)$		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
0.001	0.41	1.15	2.14
0.003	0.67	0.84	2.01
0.005	0.76	0.94	1.55
0.010	0.79	0.81	1.20

Tablo E2.12. Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonunun Spesifik Kek Direncine Etkisi

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(m/kg)$		
	200 mmHg	300 mmHg	400 mmHg
0.001	2.63	5.08	5.12
0.003	2.57	2.31	2.39
0.005	2.97	2.62	2.72
0.010	3.03	2.52	3.15

Tablo E2.13. Beslemedeki Kizelgur Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (ω_j) Beslemeye Katkılı Kizelgur Ağırlık Kesrinin Etkisi

200 mmHg		300 mmHg		400 mmHg	
x	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	x	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	x	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0041	0.41	0.0042	1.16	0.0045	2.15
0.0127	0.68	0.0094	0.85	0.0109	2.03
0.0189	0.78	0.0210	0.96	0.0158	1.58
0.0339	0.82	0.0280	0.83	0.0346	1.24

Tablo E2.14. Beslemedeki Perlit Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine Beslemeye Katkılı Perlit Ağırlık Kesrinin Etkisi

200 mmHg		300 mmHg		400 mmHg	
x	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	x	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	x	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0034	2.64	0.0040	5.10	0.0036	5.14
0.0100	2.60	0.0109	2.34	0.0110	2.42
0.0166	3.02	0.0170	2.67	0.0189	2.77
0.0365	3.15	0.0372	2.62	0.0351	3.27

Tablo E2.15. Farklı Kizelgur Önkaplama Miktarlarında Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonu ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.02 g/cm ²	0.06 g/cm ²	0.10 g/cm ²	0.20 g/cm ²
0.001	1.41	1.43	1.85	0.80
0.003	1.35	1.41	1.25	0.51
0.005	0.98	1.21	1.00	0.55
0.010	0.93	1.15	0.99	0.79

Tablo E2.16. Farklı Kizelgur Önkaplama Miktarlarında Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonu ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.02 g/cm ²	0.06 g/cm ²	0.10 g/cm ²	0.20 g/cm ²
0.001	0.75	1.02	2.12	0.83
0.003	1.35	0.93	1.24	0.96
0.005	0.63	1.15	1.20	0.86
0.010	0.89	1.18	0.93	0.59

Tablo E2.17. Farklı Kizelgur Önkaplama Miktarlarında Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonu ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.02 g/cm ²	0.06 g/cm ²	0.10 g/cm ²	0.20 g/cm ²
0.001	2.50	1.75	3.44	2.32
0.003	2.77	1.73	2.89	1.62
0.005	2.00	1.86	2.62	1.92
0.010	1.56	2.15	2.92	2.04

TabloE2.18 Farklı Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonlarında Kizelgur Önkaplama Miktarı ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)

Önkaplama miktarı(g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.001 g/ml	0.003 g/ml	0.005 g/ml	0.010 g/ml
0.02	1.41	1.35	0.98	0.93
0.06	1.43	1.41	1.21	1.15
0.10	1.85	1.25	1.00	0.99
0.20	0.80	0.51	0.99	0.79

Tablo E2.19 Farklı Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonlarında Kizelgur Önkaplama Miktarı ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)

Önkaplama miktarı (g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}$ (m/kg)			
	0.001 g/ml	0.003 g/ml	0.005 g/ml	0.010 g/ml
0.02	0.75	1.35	0.63	0.89
0.06	1.02	0.93	1.15	1.18
0.10	2.12	1.24	1.20	0.93
0.20	0.83	0.96	0.86	0.59

Tablo E2.20 Farklı Beslemeye Kizelgur Katkı Konsantrasyonlarında Kizelgur Önkaplama Miktarı ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)

Önkaplama miktarı (g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}$ (m/kg)			
	0.001 g/ml	0.003 g/ml	0.005 g/ml	0.010 g/ml
0.02	2.50	2.77	2.00	1.56
0.06	1.75	1.73	1.86	2.15
0.10	3.44	2.89	2.62	2.92
0.20	2.32	1.62	1.92	2.04

Tablo E2.21 Farklı Perlit Önkaplama Miktarlarında Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonu İle Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.02 g/cm ²	0.06 g/cm ²	0.10 g/cm ²	0.20 g/cm ²
0.001	2.40	3.30	2.66	1.50
0.003	2.04	2.21	2.12	2.15
0.005	2.27	2.04	1.67	2.27
0.010	1.25	1.52	1.23	1.55

Tablo E2.22 Farklı Perlit Önkaplama Miktarlarında Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonu İle Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)

Beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.02 g/cm ²	0.06 g/cm ²	0.10 g/cm ²	0.20 g/cm ²
0.001	4.25	4.21	2.45	2.02
0.003	3.22	2.85	2.29	1.46
0.005	2.85	2.80	2.01	1.40
0.010	2.64	2.60	1.89	1.34

Tablo E2.23. Farklı Perlit Önkaplama Miktarlarında Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonu ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)

beslemeye katkı kons.(g/ml)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.02 g/cm ²	0.06 g/cm ²	0.10 g/cm ²	0.20 g/cm ²
0.001	6.59	6.38	2.49	4.32
0.003	6.08	3.52	3.79	2.50
0.005	5.60	3.45	4.85	1.66
0.010	4.25	1.89	4.26	1.46

Tablo E2.24 Farklı Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonlarında Perlit Önkaplama Miktarı ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=200$ mmHg)

Önkaplama miktarı(g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}(\text{m/kg})$			
	0.001 g/ml	0.003 g/ml	0.005 g/ml	0.010 g/ml
0.02	2.40	2.04	2.27	1.25
0.06	3.30	2.21	2.04	1.52
0.10	2.66	2.12	1.67	1.23
0.20	1.50	2.15	2.27	1.55

Tablo E2.25 Farklı Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonlarında Perlit Önkaplama Miktarı ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=300$ mmHg)

Önkaplama miktarı (g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}$ (m/kg)			
	0.001 g/ml	0.003 g/ml	0.005 g/ml	0.010 g/ml
0.02	4.25	3.22	2.85	2.64
0.06	4.21	2.85	2.80	2.60
0.10	2.45	2.29	2.01	1.89
0.20	2.02	1.46	1.40	1.34

Tablo E2.26 Farklı Beslemeye Perlit Katkı Konsantrasyonlarında Perlit Önkaplama Miktarı ile Spesifik Kek Direncinin Değişimi ($-\Delta P=400$ mmHg)

Önkaplama miktarı (g/cm ²)	$\alpha \times 10^{-9}$ (m/kg)			
	0.001 g/ml	0.003 g/ml	0.005 g/ml	0.010 g/ml
0.02	6.59	6.08	5.60	4.25
0.06	6.38	3.52	3.45	1.89
0.10	2.49	3.79	4.85	4.26
0.20	4.32	2.50	1.66	1.46

Tablo E2.27 Farklı Kizelgur Önkaplama Miktarlarında Beslemedeki Kizelgur Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (α_j) Beslemeye Katkılı Kizelgur Ağırlık Kesrinin Etkisi ($-\Delta P=200$ mmHg)

0.02 g/cm ²		0.06 g/cm ²		0.10 g/cm ²		0.20 g/cm ²	
X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0048	1.42	0.0060	1.44	0.0039	1.86	0.0051	0.81
0.0112	1.37	0.0134	1.43	0.0110	1.26	0.0134	0.52
0.0190	1.00	0.0176	1.23	0.0170	1.02	0.0217	0.56
0.0395	0.97	0.0365	1.19	0.0369	1.03	0.0421	0.82

Tablo E2.28 Farklı Kizelgur Önkaplama Miktarlarında Beslemedeki Kizelgur Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (α_j) Beslemeye Katkılı Kizelgur Ağırlık Kesrinin Etkisi ($-\Delta P=300$ mmHg)

0.02 g/cm ²		0.06 g/cm ²		0.10 g/cm ²		0.20 g/cm ²	
X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_j \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0033	0.75	0.0046	1.03	0.0052	2.13	0.0043	0.84
0.0110	1.37	0.0133	0.94	0.0142	1.26	0.0146	0.97
0.0183	0.64	0.0216	1.18	0.0264	1.23	0.0246	0.88
0.0370	0.92	0.0352	1.22	0.0530	0.98	0.0416	0.62

Tablo E2.29 Farklı Kizelgur Önkaplama Miktarlarında Beslemedeki Kizelgur Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (α_i) Beslemeye Katkılı Kizelgur Ağırlık Kesrinin Etkisi ($-\Delta P=400$ mmHg)

0.02 g/cm ²		0.06 g/cm ²		0.10 g/cm ²		0.20 g/cm ²	
X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0055	2.51	0.0034	1.76	0.0036	3.45	0.0033	2.33
0.0156	2.81	0.0086	1.75	0.0103	2.92	0.0102	1.64
0.0250	2.25	0.0158	1.89	0.0173	2.67	0.0188	1.96
0.0374	1.62	0.0309	2.22	0.0354	3.03	0.0337	2.11

Tablo E2.30 Farklı Perlit Önkaplama Miktarlarında Beslemedeki Perlit Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (α_i) Beslemeye Katkılı Perlit Ağırlık Kesrinin Etkisi ($-\Delta P=200$ mmHg)

0.02 g/cm ²		0.06 g/cm ²		0.10 g/cm ²		0.20 g/cm ²	
X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\alpha_i \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0040	2.41	0.0041	3.31	0.0038	2.67	0.0034	1.51
0.0127	2.07	0.0121	2.24	0.0112	2.14	0.0108	2.17
0.0199	2.32	0.0178	2.08	0.0182	1.70	0.0184	2.31
0.0363	1.30	0.0352	1.58	0.0358	1.28	0.0344	1.61

Tablo E2.31 Farklı Perlit Önkaplama Miktarlarında Beslemedeki Perlit Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (ω_j) Beslemeye Katkılı Perlit Ağırlık Kesrinin Etkisi ($-\Delta P=300$ mmHg)

0.02 g/cm ²		0.06 g/cm ²		0.10 g/cm ²		0.20 g/cm ²	
X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0037	4.27	0.0033	4.22	0.0039	2.46	0.0036	2.03
0.0110	3.26	0.0098	2.88	0.0110	2.32	0.0103	1.48
0.0168	2.90	0.0167	2.85	0.0176	2.05	0.0173	1.43
0.0345	2.73	0.0320	2.69	0.0381	1.97	0.0346	1.39

Tablo E2.32 Farklı Perlit Önkaplama Miktarlarında Beslemedeki Perlit Dışındaki Katıların Spesifik Kek Direncine (ω_j) Beslemeye Katkılı Perlit Ağırlık Kesrinin Etkisi ($-\Delta P=400$ mmHg)

0.02 g/cm ²		0.06 g/cm ²		0.10 g/cm ²		0.20 g/cm ²	
X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)	X	$\omega_j \times 10^{-9}$ (m/kg)
0.0040	6.62	0.0044	6.41	0.0045	2.50	0.0044	4.34
0.0100	6.14	0.0112	3.56	0.0134	3.84	0.0127	2.53
0.0190	5.71	0.0210	3.53	0.0239	4.97	0.0207	1.69
0.0340	4.40	0.0364	1.96	0.0449	4.46	0.0381	1.5

EK-3. 1. Karbonatlama Çamurunun Farklı Süzme Sıcaklık ve Basınçlarında Sabit Basıncıta Süzülmesi Deneylerinin Verilerinden Eğim, Kayma, Lineer Regresyon Katsayısı, Spesifik Kek Direnci ve Eşdeğer Süzüntü Hacminin Hesaplanması için FORTRAN 77 Bilgisayar Programı

```

C      *****
C      * BU PROGRAM EN KUCUK KARELER YONTEMIYLE FILTRASYON DENEY *
C      * VERILERINDEN EGIM KAYMA LINEER REGRASYON KATSAYISI *
C      * SPESIFIK KEK DIRENCI VE ESDEGER SUZUNTU HACMINI HESAPLAR *
C      * (FORTRAN77) *
C      *****
OPEN(4,FILE='FIL4.CIK')
WRITE(*,*)' BASINC DEGERINI GIRINIZ PA='
READ(*,*)PA
WRITE(*,*)' BIRIM SUZUNTU HACMI BASINA KATI MADDE MIKTARI AB YI
*GIRINIZ='
READ(*,*)AB
WRITE(*,*)' FILTRE ORTAMI ALANINI GIRINIZ ALAN='
READ(*,*)ALAN
WRITE(*,*)' SUZUNTUNUN VIZKOZITE DEGERINI GIRINIZ VIZ='
READ(*,*)VIZ
WRITE(*,*)' VERI SAYISI Z='
READ(*,*)Z
D=0
FAKT=10000
F=0
Q=0
E=0
H=0
J=1
T1=0
V1=100
WRITE(*,*)'SUZME YARDIMCI MADDESİ KULLANILAN DENEYLER ICIN 1
*KULLANILMAYAN DENEYLER ICIN 2 TUSUNA BASINIZ ='
READ(*,*)SY
IF(SY.EQ.1)GOTO 35
WRITE(*,99)
WRITE(4,99)
99 FORMAT(1X,'SUZME YARDIMCI MADDESİ KULLANILMADI')
GOTO 8
35 WRITE(*,*)'SUZME YARDIMCI MADDESİ COZELTIYE KATKI TEKNIGI ILE
*KULLANILDIYSA 1 ONKAPLAMA TEKNIGI ILE KULLANILDIYSA 2 HER IKI TEK
*NIK BIRLIKTE KULLANILDIYSA 3 TUSUNA BASINIZ ='
READ(*,*)CK
IF(CK.EQ.1)GOTO 36
IF(CK.EQ.2)GOTO 37
IF(CK.EQ.3)GOTO 38
36 WRITE(*,1)
WRITE(4,1)
1 FORMAT(1X,'S.Y.M BESLEVEYE KATKI TEKNIGI ILE KULLANILDI')
WRITE(*,*)'S.Y.M MIKTARINI GIRINIZ='
READ(*,*)SYM
WRITE(*,18)SYM
WRITE(4,18)SYM
18 FORMAT(/1X,'B.K.MIKTARI=',F7.4,1X,'g/ml')
GOTO 8
37 WRITE(*,2)
WRITE(4,2)
2 FORMAT(1X,'S.Y.M ONKAPLAMA TEKNIGI ILE KULLANILDI')
WRITE(*,*)'S.Y.M MIKTARINI GIRINIZ='
READ(*,*)SYM
WRITE(*,19)SYM
WRITE(4,19)SYM
19 FORMAT(25X,'2',/1X,'O.K.MIKTARI=',F7.4,1X,'g/cm')
GOTO 8
38 WRITE(*,3)
WRITE(4,3)
3 FORMAT(1X,'S.Y.M HER IKI TEKNIK BIRLIKTE KULLANILDI')
WRITE(*,*)'B.K MIKTARINI GIRINIZ='
READ(*,*)BK

```

```

WRITE (*,*)'O.K MIKTARINI GIRINIZ='
READ(*,*)OK
WRITE(*,29)BK,OK
WRITE(4,29)BK,OK
29 FORMAT (/1X,'B.K.MIKTARI=',F7.4,1X,'g/ml',/25X,'2',
* /1X,'O.K MIKTARI=',F7.4,1X,'g/cm')
8 OPEN(UNIT=5,FILE='FILT.DAT')
10 READ(5,5,END=51)V,T
5 FORMAT(7X,F4.1,4X,F4.1)
IF(J.GT.1)GOTO 93
WRITE(*,88)
WRITE(4,88)
88 FORMAT (1X,'=====')
WRITE(*,89)
WRITE(4,89)
89 FORMAT(1X,'=')
WRITE(*,90)
WRITE(4,90)
90 FORMAT(1X,'= V (ml) t (s) Vort (ml) dt/dv (s/ml) =')
WRITE(*,91)
WRITE(4,91)
91 FORMAT(1X,'=')
WRITE(*,92)
WRITE(4,92)
92 FORMAT (1X,'=====')
93 VF=V-V1
TF=T-T1
A=TF/VF
VORT=(V+V1)/2
V1=V
T1=T
WRITE(*,21)V,T,VORT,A
WRITE(4,21)V,T,VORT,A
21 FORMAT(6X,F5.1,2X,F5.1,4X,F5.1,3X,F7.2)
C=VORT*A
D=D+C
F=F+VORT
E=E+A
H=H+VORT**2
Q=Q+A**2
W=F**2
J=J+1
IF (J.EQ.Z) GOTO 9
GOTO 10
9 REG=((Z-1)*D-F*E)/((((Z-1)*H-F**2)*((Z-1)*Q-E**2))**0.5)
B1=((Z-1)*D-E*F)/((Z-1)*H-W)
B2=(D*F-E*H)/(W-(Z-1)*H)
ALFA=FAKT*B1*PA*ALAN**2/(AB*VIZ)
VM=B2*PA*ALAN**2*FAKT/(AB*ALFA*VIZ)
S=70
WRITE(*,20)PA,S,REG,B1,B2,ALFA,VM
WRITE(4,20)PA,S,REG,B1,B2,ALFA,VM
20 FORMAT (/2X,'BASINC =',F14.8,2X,'Pa',/2X,'SICAKLIK=',F14.11,2X,
*'C',/2X,'R =',F14.12,/,/2X,'EGIM =',F14.12,2X,'s/ml',/
*,31X,'2',/2X,'KAYMA =',F14.12,2X,'s/ml',/,/2X,'ALFA =',F14.3,
*2X,'m/kg',/,/2X,'Vm =',F14.10,2X,'ml')
STOP
51 END

```

SUZME YARDIMCI MADDESİ KULLANILMADI.

V (ml)	t (s)	Vort (ml)	dt/dv (s/ml)
160.0	79.0	130.0	1.32
220.0	161.0	190.0	1.37
280.0	258.0	250.0	1.62
340.0	369.0	310.0	1.85
400.0	491.0	370.0	2.03
460.0	614.0	430.0	2.05
520.0	746.0	490.0	2.20
560.0	848.0	540.0	2.55

BASINC =27000.00000000 Pa

SICAKLIK=70.0000000000 C

R =0.981806400000

EGIM =0.002867198000 s/ml

KAYMA =0.901652900000 s/ml²

ALFA =1363428000.000 m/kg

Vm =314.4718000000 ml

S.Y.M. BESLEMeye KATKI TEKNIGI ILE KULLANILDI

B.K.MIKTARI= 0.0010 g/ml

V (ml)	t (s)	Vort (ml)	dt/dv (s/ml)
160.0	60.0	130.0	1.00
220.0	123.0	190.0	1.05
280.0	192.0	250.0	1.15
340.0	270.0	310.0	1.30
400.0	351.0	370.0	1.35
460.0	436.0	430.0	1.42
520.0	527.0	490.0	1.52
570.0	605.0	545.0	1.56

BASINC =40000.00000000 Pa

SICAKLIK=70.0000000000 C

R =0.992549400000

EGIM =0.001420078000 s/ml

KAYMA =0.810977600000 s/ml²

ALFA =1164142000.000 m/kg

Vm =571.0797000000 ml

S.Y.M ONKAPLAMA TEKNIGI ILE KULLANILDI

O.K.MIKTARI= 0.1000 g/cm²

V (ml)	t (s)	Vort (ml)	dt/dv (s/ml)
160.0	42.0	130.0	0.70
220.0	98.0	190.0	0.93
280.0	158.0	250.0	1.00
340.0	224.0	310.0	1.10
400.0	303.0	370.0	1.32
460.0	392.0	430.0	1.48
480.0	423.0	470.0	1.55

BASINC =40000.00000000 Pa

SICAKLIK=70.0000000000 C

R =0.991590900000

EGIM =0.002449310000 s/ml

KAYMA =0.402474100000 s/ml²

ALFA =1343776000.000 m/kg

Vm =164.3215000000 ml

S.Y.M HER IKI TEKNIK BIRLIKTE KULLANILDI

B.K.MIKTARI= 0.0010 g/ml

O.K MIKTARI= 0.1000 g/cm²

V (ml)	t (s)	Vort (ml)	dt/dv (s/ml)
160.0	46.0	130.0	0.77
220.0	96.0	190.0	0.83
280.0	152.0	250.0	0.93
340.0	221.0	310.0	1.15
400.0	296.0	370.0	1.25
460.0	373.0	430.0	1.28
520.0	454.0	490.0	1.35
580.0	542.0	550.0	1.47
640.0	639.0	610.0	1.62

BASINC =40000.00000000 Pa

SICAKLIK=70.0000000000 C

R =0.988379600000

EGIM =0.001740741000 s/ml

KAYMA =0.539259800000 s/ml²

ALFA =211120000.000 m/kg

Vm =309.7876000000 ml