

**AĞIR METALLERİN SULU ÇÖZELTİLERDEN POLİMER
MEMBRANLAR VE POLİMER ADSORPLAYICILAR
KULLANILARAK AYRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Ayten KAYA
DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ
KİMYA ANABİLİM DALI

2007

AFYONKARAHİSAR KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AĞIR METALLERİN SULU ÇÖZELTİLERDEN POLİMER
MEMBRANLAR VE POLİMER ADSORPLAYICILAR KULLANILARAK
AYRILMASI**

Ayten KAYA

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ

KİMYA ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2007

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ danışmanlığında, Ayten KAYA tarafından hazırlanan“*Ağır metallerin sulu çözeltilerden polimer membran ve polimer adsorplayıcılar kullanılarak ayrılması*” başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 29.08.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ENGİNAR	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ (Danışman)	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN	

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../ 2007 tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Membranların Tanımı	3
2.2 Membranların Ayırmada Kullanılması	3
2.3 Membran Performansı	5
2.3.1 Akı	5
2.3.2 Membran Seçiciliği	5
2.4 Membranların Sınıflandırılması	6
2.5 Membran Modülleri	9
2.5.1 Tubuler Modül	9
2.5.2 Hollow Fiber Modül	10
2.5.3 Kapiler Modül	11
2.5.4 Levha Çerçeve Modülü	11
2.5.5 Spiral Sargılı Modül	12
2.6 Membran Prosesleri	13
2.6.1 Mikrofiltrasyon	14
2.6.2 Ultrafiltrasyon	15
2.6.3 Nanofiltrasyon	16
2.6.4 Ters Ozmos	16
2.6.5 Gaz Ayırma	18
2.6.6 Pervaporasyon	19
2.6.7 Diyaliz	20

2.6.8 Elektrodializ	21
2.7 Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler	21
2.8 Membran Performansını Etkileyen Değişkenler	24
2.9 Adsorpsiyon	25
2.9.1 Fiziksel Adsorpsiyon	25
2.9.2 Kimyasal Adsorpsiyon	26
2.9.3 İyon Değişimi Adsorpsiyonu	26
3. MATERYAL METOT	28
3.1 Materyal	28
3.1.1 Deneylerde Kullanılan Aletler ve Düzenekler	28
3.1.2 Deneylerde Kullanılan Maddeler	31
3.2 Metot	32
3.2.1 Membranların Hazırlanması	32
3.2.2 Membranların Filtrasyon İşlemlerinde Kullanılması	33
3.2.3 Polimetilmetakrilat co etil akrilat' ın Adsorplanmada Kullanılması	34
4. BULGULAR	35
4.1 Membran Çalışmaları	36
4.1.1 Demir(III) Çözeltilerinin PVA/ Selüloz Membranları ile Filtrasyonu	37
4.1.1.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	37
4.1.1.2 Membran İçeriğinin Akıya ve Tutulmaya Etkisi	38
4.1.1.3 Karıştırma Hızının Akıya ve Tutulmaya Etkisi	40
4.1.2 Demir(III) Çözeltilerinin PVA Varlığında PVA/ Selüloz Membranları ile Filtrasyonu	42
4.1.2.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	42
4.1.2.2 pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	44
4.1.3 Demir(III) Çözeltilerinin AA Varlığında Filtrasyonunda Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	46
4.1.4 Bakır (II) Çözeltilerinin PVA Varlığında PVA/ Selüloz Membranları ile Filtrasyonunda pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	47

4.1.5 Bakır (II) Çözeltilerinin AA Varlığında PVA/ Selüloz Membranları ile Filtrasyonu	49
4.1.5.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	49
4.1.5.2 pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	51
4.1.6 Çinko (II) Çözeltilerinin PVA Varlığında PVA/ Selüloz Membranları ile Filtrasyonu	53
4.1.6.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	53
4.1.6.2 Membran İçeriğinin Akıya ve Tutulmaya Etkisi	55
4.1.6.3 pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	57
4.1.7 Çinko (II) Çözeltilerinin AA Varlığında PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonunda Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi	59
4.1.8 Demir(III) Çözeltilerinin PMMA co EA ile Adsorpsiyonu	61
4.1.8.1 Zamanın Tutulmaya Etkisi	61
4.1.8.2 Karıştırma Hızının Tutulmaya Etkisi	62
4.1.8.3 pH' ın Tutulmaya Etkisi	63
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	65
6. KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	72

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AĞIR METALLERİN SULU ÇÖZELTİLERDEN POLİMER MEMBRANLAR VE POLİMER ADSORPLAYICILAR KULLANILARAK AYRILMASI

Ayten KAYA

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ

Bu çalışmada, Fe(III), Cu(II), Zn(II) iyonlarının sulu çözeltilerden filtrasyon tekniği ile ayrılması araştırıldı. Ayrırma polivinil alkol / selüloz kompozit membranları ile yapıldı. Aljinik asit ve polivinil alkol polimerleri tutulmayı artırma amacıyla kompleksleştirici polimerler olarak kullanıldı. Ek olarak PMMA co EA' ın Fe(III) çözeltisi boyunca adsorplanma davranışı çalışıldı.

Fe(III) çözeltilerinin filtrasyonunda; basıncın, membranın PVA içeriğinin, karıştırma hızının ve pH' ın tutulma ve akıya etkisi incelendi. Fe(III) çözeltisi için optimum tutulma 1,5 karıştırma hızında, 60 Psi basınçta, pH 3' te kompleksleştirici ajan olarak AA varlığında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz kompozit membranlar kullanılarak % 82 olarak bulundu.

Cu(II) çözeltilerinin filtrasyonunda; pH' ın ve basıncın tutulma ve akıya etkileri çalışıldı. Cu(II) çözeltisi için optimum tutulma 1,5 karıştırma hızında, 60 Psi basınçta, pH 7' de, PVA varlığında % 0,25 PVA (m/v) / selüloz kompozit membranlar kullanılarak % 44 olarak bulundu.

Zn(II)' nin sulu çözeltileri değişik pH ve değişik membran içerikleri ile filtre edildi. Zn(II) için optimum tutulma % 0,25 PVA (m/v) / selüloz kompozit membranlar kullanılarak AA varlığında pH 7' de, 60 Psi basınçta ve 1,5 karıştırma hızında % 52 olarak bulundu.

PMMA co EA' nın Fe(III) çözeltilerindeki maksimum tutulması pH 5' te, karıştırma hızı 2' de ve 60 dakika temas zamanında % 60 olarak bulundu.

2007, 72 sayfa

Anahtar kelimeler: Filtrasyon, kompozit membran, adsorpsiyon, atık su arıtımı

ABSTRACT

Master Thesis

REMOVAL OF HEAVY METALS FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING POLYMER MEMBRANES AND POLYMER ADSORBANTS

Ayten KAYA

**Afyonkarahisar Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemistry**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Cemal ÇİFCİ

In this study separation of Fe(III), Cu(II) and Zn(II) ions from aqueous solutions was investigated using filtration technique. Polyvinyl alcohol / cellulose composite membranes were used in the retention. Alginic acid and polyvinyl alcohol polymers were used as complexing agents to enhance the retention. In addition, the adsorption behavior of PMMA co EA towards Fe(III) solutions was studied.

In the filtration of Fe(III) solutions, the effects of pressure, PVA content of membranes, stirred velocity and pH on the retention and the flux were examined. The optimum retention was found as 82 % for Fe(III) solution at the stirred velocity of 1,5, pressure of 60 Psi, pH of 3 in the presence of AA as complexing agent using 0,25 % PVA (m/v) / cellulose composite membranes.

In the filtration of Cu(II) solutions, the effects of pH and pressure on the retention and the flux were studied. The optimum retention was found as 44 % for Cu(II) solution at the stirred velocity of 1,5, pressure of 60 Psi, pH of 7, in the presence of PVA by using 0,25 % PVA (m/v) / cellulose composite membranes.

Aqueous solution of Zn(II) were filtrated at different pH and contents of the membranes. The optimum retention for Zn(II) was found as 52 % using 0,25 % PVA (m/v) / cellulose composite membranes when filtration was carried out in the presence of AA at pH 7, pressure of 60 Psi and stirred velocity of 1,5.

The maximum adsorption of PMMA co EA towards Fe(III) solutions was found as 60 % at pH 5, stirred velocity 2 and contact time of 60 minutes.

2007, 72 pages

Keywords: Filtration, composite membrane, adsorption, waste water treatment

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ danışmanlığında hazırlanarak Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne "Yüksek Lisans Tezi" olarak sunulmuştur.

Yüksek lisans öğrenimime başladığım andan itibaren çalışmamın seçimi, planlanması ve yürütülmesi sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, laboratuvar uygulamalarımın her aşamasında destek ve emek veren ve beni yönlendirip, ilgi ve desteğini her zaman hissettiğim, sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Cemal ÇİFCİ' ye sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımız boyunca bizlere laboratuvar imkanı sağlayan Kimya Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. İbrahim EROL' a ve yine ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ENGİNAR' a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımda bana bilgi ve önerileriyle destek olan değerli arkadaşlarım Ezgi YILMAZ ve Selma ASLAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her safhasında hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak, benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürler.

Ayten KAYA

AFYONKARAHİSAR-2007

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

$^{\circ}\text{C}$	Celcius derece
g	Gram
L	Litre
m	Kütle
m^2	Metrekare
sa	Saat
v	Hacim

2. Kısaltmalar

AA	Aljinik asit
C_{AA}	AA çözeltisinin son derşimi
$C_{\text{Cu(II)}}$	Cu(II) çözeltisinin son derşimi
$C_{\text{Fe(III)}}$	Fe(III) çözeltisinin son derşimi
C_{PVA}	PVA çözeltisinin son derşimi
$C_{\text{Zn(II)}}$	Zn(II) çözeltisinin son derşimi
D	Diyaliz
ED	Elektrodiyaliz
HF	Hiperfiltrasyon
MF	Mikrofiltrasyon
NF	Nanofiltrasyon
PMMA co EA	Poli (metil metakrilat co etil akrilat)
PV	Pervaporasyon
PVA	Polivinil alkol
RO	Ters Ozmos
UF	Ultrafiltrasyon
UV	Mor ötesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No	
Şekil 2.1	Membran arıtımının şematik gösterimi	4
Şekil 2.2	Membranların morfolojilerine göre sınıflandırılması	6
Şekil 2.3	Polimerik membran çeşitleri	7
Şekil 2.4	Tubuler modülün şematik gösterimi	9
Şekil 2.5	Hollow fiber modülün şematik gösterimi	10
Şekil 2.6	Tipik bir içi boş lif modülü (a), tek bir lifin kesit görünümü(b)	11
Şekil 2.7	Levha – çerçeve modülünün şematik gösterimi	12
Şekil 2.8	Spiral sargılı modül	13
Şekil 2.9	Mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon proseslerinin şematik gösterimi	15
Şekil 2.10	Ozmos olayının şematik gösterimi	17
Şekil 2.11	Ters Ozmos olayının şematik gösterimi	17
Şekil 2.12	Pervaporasyon prosesinin şematik gösterimi	19
Şekil 2.13	Diyaliz prosesinin şematik gösterimi	20
Şekil 2.14	Elektrodiyaliz biriminin şematik gösterimi	21
Şekil 3.1	Filtrasyon sisteminin akım şeması	29
Şekil 3.2	Filtrasyon Hücresi	30
Şekil 4.1	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda basıncın akıya etkisi	37
Şekil 4.2	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi	38
Şekil 4.3	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda membran içeriğinin akıya etkisi	39
Şekil 4.4	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda membran içeriğinin tutulmaya etkisi	40
Şekil 4.5	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda karıştırma hızının akıya etkisi	41
Şekil 4.6	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda karıştırma hızının tutulmaya etkisi	41
Şekil 4.7	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi	43
Şekil 4.8	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi	43
Şekil 4.9	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' in akıya etkisi	45
Şekil 4.10	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' in tutulmaya etkisi	45

Şekil 4.11	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi	46
Şekil 4.12	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi	47
Şekil 4.13	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya etkisi	48
Şekil 4.14	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın tutulmaya etkisi	49
Şekil 4.15	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi	50
Şekil 4.16	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi	51
Şekil 4.17	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH'ın akıya etkisi	52
Şekil 4.18	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH'ın tutulmaya etkisi	53
Şekil 4.19	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi	54
Şekil 4.20	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi	55
Şekil 4.21	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda membran içeriğinin akıya etkisi	56
Şekil 4.22	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda membran içeriğinin tutulmaya etkisi	57
Şekil 4.23	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya etkisi	58
Şekil 4.24	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın tutulmaya etkisi	59
Şekil 4.25	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi	60
Şekil 4.26	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi	61
Şekil 4.27	PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda zamanın tutulmaya etkisi	62
Şekil 4.28	PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda karıştırma hızının tutulmaya etkisi	63
Şekil 4.29	PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda pH' ın tutulmaya etkisi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1	Ticari olarak üretilen bazı membran çeşitleri 8
Çizelge 2.2	Membran Prosesleri ve Karakteristikleri 14
Çizelge 3.1	Selüloz filtre'nin özellikleri 31
Çizelge 3.2	Kullanılan kompozit membranların özellikleri 32
Çizelge 4.1	PVA / Selüloz Kompozit membran için saf su geçişi 36
Çizelge 4.2	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi 37
Çizelge 4.3	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda membran içeriğinin akıya ve tutulmaya etkisi 39
Çizelge 4.4	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda karıştırma hızının akıya ve tutulmaya etkisi 40
Çizelge 4.5	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya, tutulmaya etkisi 42
Çizelge 4.6	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi 44
Çizelge 4.7	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi 46
Çizelge 4.8	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi 48
Çizelge 4.9	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi 50
Çizelge 4.10	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi 52
Çizelge 4.11	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi 54
Çizelge 4.12	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda membran içeriğinin akıya ve tutulmaya etkisi 56
Çizelge 4.13	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi 58
Çizelge 4.14	PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi 60
Çizelge 4.15	PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda zamanın tutulmaya etkisi 62
Çizelge 4.16	PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda karıştırma hızının tutulmaya etkisi 63
Çizelge 4.17	PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda pH' ın tutulmaya etkisi 64

1. GİRİŞ

Membran teknolojisi, klasik ayırma metotlarına göre ekonomikliği ve uygulama kolaylığı bakımından son yıllarda ayırma işlemlerinde oldukça fazla uygulama alanı bulmaktadır (Büyükerkek 2004). Bu teknoloji ilaç endüstrisinde; antibiyotik, aminoasit ve vitaminlerin fermente çözeltilerinin filtrasyonu işlemlerinde, kimya ve boyar madde endüstrisinde; filtrasyon, boyar madde atık su arıtılması ve geri kazanımında, gıda endüstrisinde; peynir altı suyundaki protein ayrılmasında ve meyve suyu filtrasyonu gibi alanlarda kullanılırlar (İnt. Kyn. 3).

Membran imalatındaki temel amaç, uygun mekanik kuvvete sahip ve yüksek seçicilik derecesiyle yüksek süzüntü sağlayabilen bir materyal üretmektir. Yüksek dereceli seçiciliğe, küçük gözeneklere sahip bir membran kullanımıyla ulaşılabilir ve bu yüzden, bu tür membranlarda düşük geçirgenlik görülür. Geçirgenlik gözenekliğinin artışıyla artmaktadır (Stephenson et al. 2000).

Nüfus artışı, sanayileşme ve etkin tarım faaliyetlerinin, dünyanın kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarını tükettiği ve çevre sorunlarını arttırdığı bir gerçektir. Sanayileşme ve gelişme hamlelerine paralel olarak ülkemizde de kaynak tüketimi hızla artmaktadır. Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının giderek tükenmesi ve mevcut su kaynaklarının kullanılmayacak duruma gelmesi, su temini konusunu ön plana çıkarmaktadır. Özellikle, su gibi doğal bir kaynağın geriye dönülemeyecek bir şekilde tüketilmesine engel olmak için bekleyecek zamanın olmaması, insanoğlunu bu kaynakları koruyacak ve kurtaracak teknolojileri kullanmaya ve geliştirmeye mecbur kılmaktadır (Can 2002).

Bu durum atık sulardaki kirletici oranlarının standartlara uygun hale getirildikten sonra çevreye bırakılması gerektiğini göstermektedir. Endüstriyel gelişimin artması ile metaller hava, su ve toprakta birikmeye başlamıştır. Metaller, yeryüzü sularının yanında bitki ve hayvan toplulukları üzerinde de zararlı bir etkiye sahiptir. Atık sulardan ağır metal iyonu uzaklaştırılması teknolojik araştırmaların başında gelir (Hatay 2006). Bu nedenle sulu ortamdaki ağır metallerin insan sağlığına çok zararlı olan toksin etkilerinin azaltılması ve ekonomik öneme sahip olan ağır metallerin geri kazanımı gerekmektedir.

Elektrodiyaliz, ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon gibi proseslerle sulu ortamdan metaller ayrılabilir. Elektrodiyaliz prosesinde membrandan süzuntu sağlamak amacıyla elektromotiv kuvvet (gerilim) uygulanmaktadır. Diğer proseslerde ise transmembran basıncı kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle, gözenekli membranlar klasik filtrasyon proseslerine benzer şekilde mekanik olarak ayırmayı gerçekleştirmektedir. Ultrafiltrasyon koloidal ve çözünmüş makro-molekül türlerini giderebilir. Mikrofiltrasyon ise sadece yaklaşık 0.05 µm boyutlu askıda maddeleri giderebilir.

Bu çalışmada Fe(III), Cu(II), Zn(II) iyonlarının, polivinil alkol ve aljinik asit kompleksleştiricileri varlığında sulu çözeltilerden filtrasyon tekniği ile ayrılması, polivinil alkol / selüloz kompozit membranlar kullanılarak araştırılmıştır. Filtrasyon basıncının, karıştırma hızının, çözelti pH'ının ve membranın PVA içeriğinin tutulma ve akı üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca adsorplayıcı olarak poli (metil metakrilat co etil akrilat) kullanılarak sulu çözeltideki Fe(III) iyonlarının ne kadar adsorplandığı araştırılmış karıştırma hızının, pH'ın ve zamanın tutulmaya etkisi incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Membranların Tanımı

Membranlar, kendine bir sürücü kuvvet uygulandığında fiziksel ve kimyasal özelliklerin bir fonksiyonu olarak çözelti içindeki bazı türleri ayırma yeteneğine sahip ince bir film tabakasıdır (Wehiua 2003). Başka bir deyişle membran, belirli kalınlığı olan bir bariyer ya da engel olarak tanımlanabilir.

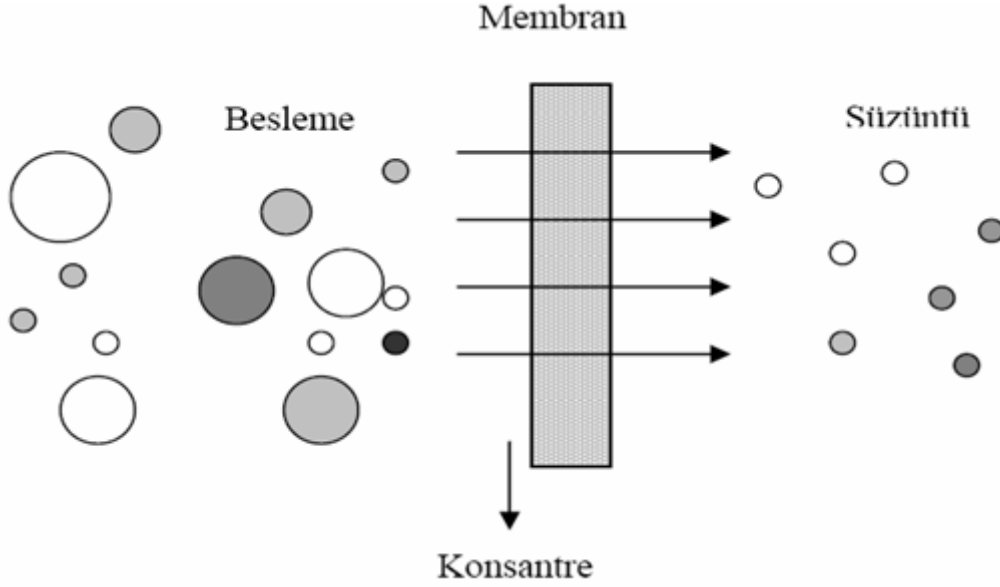
Membran prosesleri destilasyon gibi geleneksel ayırma prosesleriyle yarışabilen veya onlarla birlikte kullanılabilen, genellikle düşük enerji gerektiren ayırma prosesleridir.

2.2 Membranların Ayırmada Kullanılması

Membran kullanımının genel olarak saflaştırma, deriştirme ve fraksiyonlara ayırma gibi 3 farklı amacı vardır ve sanayide birçok kullanım alanına sahiptir.

- Deriştirme işlemiyle düşük derişimli çözeltilerden çözücü uzaklaştırılarak istenen çözeltilerin derişimi artırılır.
- Saflaştırma işlemiyle bileşendeki safsızlıklar uzaklaştırılır.
- Fraksiyonlara ayırma işlemiyle karışım iki yada daha fazla istenen bileşenlerine ayrılır.

Membran proseslerinde üç faz vardır (Şekil 2.1). Bunlar; besleme, süzüntü (permeat) ve konsantre (retentant) kısımlardır. Ayırma işlemi, besleme fazındaki bir bileşenin membran tarafından belli oranda tutulmasıdır. Membrandan geçen kısma süzüntü, geçemeyen kısma ise konsantre denilmektedir. Konsantre kısım derişik bir çözeltili halinde iken süzüntü kısmı genellikle temiz bileşendir.



Şekil 2.1 Membran arıtımının şematik gösterimi (Kaleli 2006)

Membran teknolojisinin diğer ayırma işlemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Enerji tasarrufu sağlanır.
- Geleneksel ayırma araçlarıyla birlikte hibrid prosesler oluşturabilirler.
- Ayırma işleminde süreklilik vardır.
- Maliyeti gün geçtikçe düşmektedir.
- Kullanılan ekipmanların basitliği ve işletim kolaylığı vardır (Salt ve Dinçer 2006).

Ancak bazı durumlarda membran teknolojisinin dezavantajları da olabilmektedir.

Bunlar;

- Membran yüzeyinde birikim olması,
- Membranların kısa ömürlü olmaları,
- Düşük seçicilik göstermesi olarak sıralanabilir.

Membran sistemleri damıtma, adsorpsiyon, absorpsiyon, ekstraksiyon gibi geleneksel ayırma tekniklerine alternatif teşkil edebilen bir ayırma teknolojisidir. Bütün membran proseslerinde anahtar faktör ayırma aracı olarak kullanılan membrandır (Salt ve Dinçer 2006).

2.3 Membran Performansı

Membran performansını belirlemek için iki anahtar parametre vardır. Bunlar akı ve membran seçiciliğidir.

2.3.1 Akı

Akı, birim zamanda membranın birim alanından geçen akım miktarı olarak tarif edilir. Akı; $lt / m^2.sa$, $ml / cm^2.sa$ veya $m^3 / m^2.gün$ gibi birimlerle ifade edilir (Mulder 1996).

Akı miktarı Darcy kanununa göre aşağıdaki ilişki ile ifade edilmektedir (Koyuncu 2001);

$$J = \frac{\Delta P}{\mu \cdot R_m}$$

J : Akı

ΔP : Membrandaki basınç farkı

μ : Akışkanın viskozitesi

R_m : Membran hidrolik direnci

olarak tanımlanmaktadır. Denklemden de anlaşılacağı üzere membrandan geçen süzüntü akımı (J), membrana uygulanan basınç (ΔP) ile doğru orantılıdır.

2.3.2 Membran Seçiciliği

Membran seçiciliği tutulma (R) ile ifade edilir. Membran tarafından alıkonulan kısmın ölçüsü % R olarak ifade edilir. Çözünen maddenin bir kısmı veya tamamı membran tarafından tutulurken çözücü molekülleri ise membrandan geçer. Membran proseslerinde gözlenen tutulma aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (Kaleli 2006).

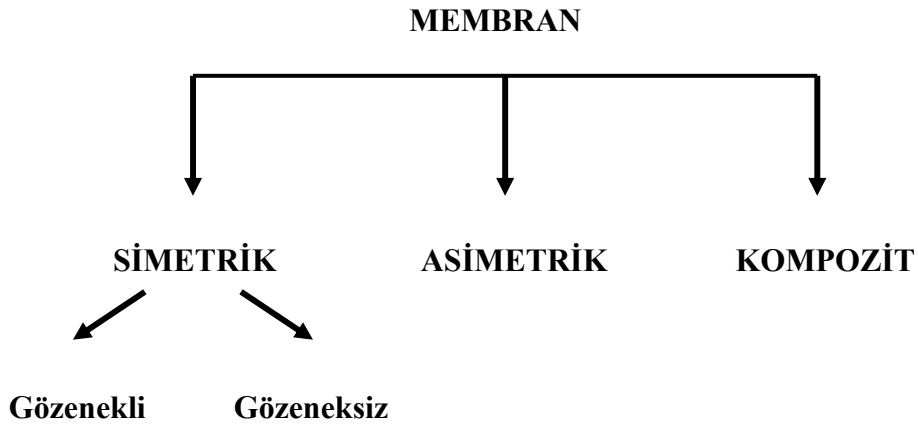
$$\%R = \left(\frac{C_b - C_s}{C_b} \right) \times 100 = \left(1 - \frac{C_s}{C_b} \right) \times 100$$

C_s : Süzüntü akımı konsantrasyonu

C_b : Besleme suyu konsantrasyonu

2.4 Membranların Sınıflandırılması

Membranlar, morfolojilerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılırlar. Şekil 2.2' de membranların morfolojilerine göre sınıflandırılması gösterilmiştir. Kullanılan membran tipine göre, membran proseslerinin gösterecekleri performanslar önemli ölçüde değişmektedir (Koyuncu 2001).



Şekil 2.2 Membranların morfolojilerine göre sınıflandırılması

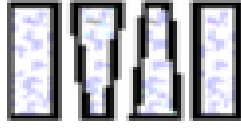
Simetrik membranlar, gözenekli (poroz), gözeneksiz (non - poroz) olarak ikiye ayrılırlar (Şekil 2.3). Simetrik membranların kalınlıkları 10 – 200 µm arasında değişmektedir (Koyuncu 2001). Simetrik membranlar çok katmanlıdır ve bir veya birkaç çeşit malzemeden oluşabilir. Kütle transferi membran kalınlığına belirlenir. Bu tür membranların yapılarının yoğun olmasından dolayı yüksek geçirgenliğe sahip değildirler. Bu nedenle ticari olarak kullanım alanları dardır. Membran kalınlığı azaldıkça akı artar.

Asimetrik membranlar, homojen (yoğun, gözeneksiz) veya heterojen (gözenekli) şekilde üretilirler. Çok katmanlıdır ve bir veya birkaç çeşit polimer malzemeden meydana gelmektedir. Üniform olmayan bir yapıları vardır. Asimetrik membranlar 0,1 ile 0,5 µm arasında kalınlığa sahip deri tabakası ve 50 ile 150 µm arasında kalınlığa sahip gözenekli destek tabakası içerirler (Şekil2.3).

Simetrik membranlar



Gözeneksiz



Gözenekli

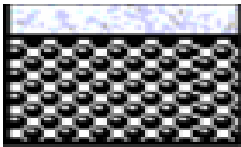
Asimetrik membran



Yoğun üst tabaka

Gözenekli destek tabaka

Kompozit membran



Gözenekli üst tabaka

Gözenekli destek tabaka

Şekil 2.3 Polimerik membran çeşitleri (İnt. Kyn. 4)

Kompozit membranlar, asimetrik membranların en üst kısmına ince tabaka yerleştirilmesiyle oluşturulurlar (Şekil 2.3) (Koyuncu 2001). Ayırıcı tabaka ve gözenekli destek ayrı iki malzemeden farklı yöntemlerle ayrı ayrı hazırlanırsa elde edilen membran kompozit membran olarak adlandırılır (İnt. Kyn. 5).

Kimyasal yapılarına göre membranlar, organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılır. Organik membranların ana maddesi polimerdir. Yaklaşık 130 adet polimer, membran

üretimi için kullanılabilir. Ancak membran ömrü ve proses ihtiyaçları düşünüldüğünde belli sayıda polimer, membran üretimi için kullanılmaktadır. Çizelge 2.1’ de ticari olarak üretilen bazı organik membran türlerinin listesi verilmektedir (Koyuncu 2001).

Çizelge 2.1 Ticari olarak üretilen bazı membran çeşitleri (Koyuncu 2001)

Malzeme	MF	UF	NF ve RO
Alumina	X		
Selüloz esterler	X		
Selüloz nitrat	X		
Poliamid, alifatik (naylon)	X		
Polikarbonat	X		
Poliester	X		
Polipropilen	X		
Politetrafloroetilen (PTFE)	X		
Polivinilklorür (PVC)	X		
Selüloz	X	X	
Polisülfon (PS)	X	X	X
Selüloz asetat (CA)	X	X	X
Poliakrilonitril (PAN)	X	X	
Polivinil alkol (PVA)	X	X	

İnorganik membranlar önceden hazırlanmış gözenekli destek üzerinde ince tozların preslenmesi ve kristalleştirilmesiyle oluşturulur. Özellikle ince ve dar gözenek boyut dağılımlı bir membran yüzeyi üretilecekse, bu çok pahalı bir işlem gerektirir ve ekonomik değildir (Hasar 2001).

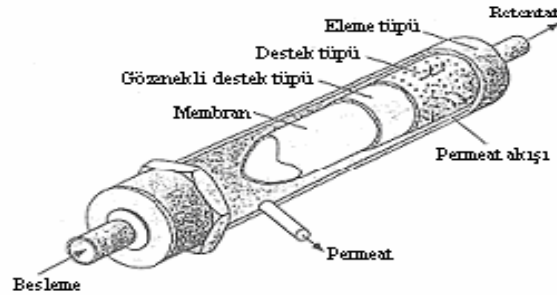
2.5 Membran Modülleri

Birim hacimdeki membran alanını arttırmak için modül adı verilen sistemler geliştirilmiştir. Membranların modül olarak adlandırılan cihazlara yerleştirilmesi gereklidir (Singh 1998). Membran modülleri;

- Tübüler Modül
- Hollow Fiber Modül
- Kapiler Modül
- Levha – Çerçeve Modül
- Spiral Sargılı Modül' dür.

2.5.1 Tubuler Modül

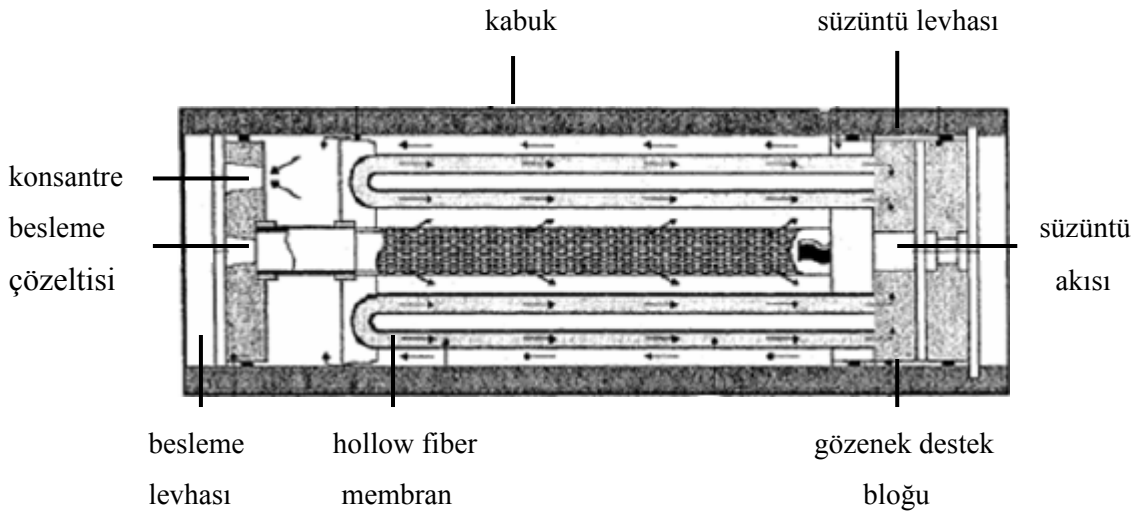
Tubuler modül en basit membran modülüdür. Bu modülde membran tüp şeklinde bir borunun iç kısmına yerleştirilmiştir (Şekil 2.4). Bu borularda 6 – 40 nm büyüklüğünde gözenekler vardır. Süzüntü besleme çözeltisi membrandan süzülerek bu deliklerden geçer. Potansiyel kirlilikleri uzaklaştırmak için beslemenin ön muameleye tabi tutulmadığı veya modülün buharla sterilize edilmesi gerektiği bazı durumlarda tubuler modüller kullanılır. Bu tip üniteler kolaylıkla temizlenebilir ve buharla sterilize edilebilir (Judd and Jefferson 2003, Singh 1998, Fried 2003). Yüksek konsantrasyonlarda çalışma, tıkanmaya karşı dirençli olması, kolay temizlenmesi, minimum ön arıtma gerektirmesi gibi avantajları varken; yüksek sermaye ve düşük membran yüzey alanı gibi dezavantajları da vardır.



Şekil 2.4 Tubuler modülün şematik gösterimi (Richardson et al. 2002)

2.5.2 Hollow Fiber Modül

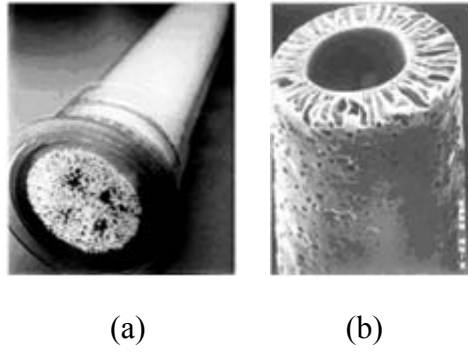
Bu modül bir çok lifden meydana gelmektedir (Şekil 2.5). Her bir gövdede binlerce lif bir araya gelmiştir. Besleme sıvısı liflerin dışından gönderilmektedir. Basınçlı besleme çözeltisi liflerin dışına doğru akar, temiz su merkeze doğru süzülür ve süzüntü bir yerde toplanır. Tipik bir içi boş lifin iç çapı 50 µm, dış çapı ise 100 – 200 µm aralığındadır. Bu çap aralığındaki liflerden hazırlanan modüller çoğunlukla yüksek basınçlı gaz ayırmalarında ve ticari RO uygulamalarında, 200 – 500 µm aralığındaki çapa sahip liflerden oluşan hollow fiber modülleri ise düşük basınçlı gaz ayırmaları ve UF uygulamalarında kullanılmaktadır. Ancak lif çapı 200 µm' den daha büyükse besleme çözeltisi liflerin içinden gönderilmektedir. Besleme akımının nispeten temiz olduğu durumlarda kullanılır. Deniz suyundan saf su eldesinde de bu tip modüller kullanılmaktadır. Bu modüllerdeki membran alanı 0,2 – 1 m² arasındadır. Yüksek membran yüzey alanı, yüksek akış oranı gibi avantajlara sahip iken, modül çok sıkı bir yapıda olduğundan meydana gelecek olan tübüler akımın şiddetli tıkanmalara sebep olmaması için ön arıtım gerekmektedir (Singh 1998, Cardew and Le 1998, Baker 2004, Fried 2003, Xu 2005, Judd and Jefferson 2003, Beerlage et al.1994).



Şekil 2.5 Hollow fiber modülün şematik gösterimi (Jesus 2002)

2.5.3 Kapiler Modül

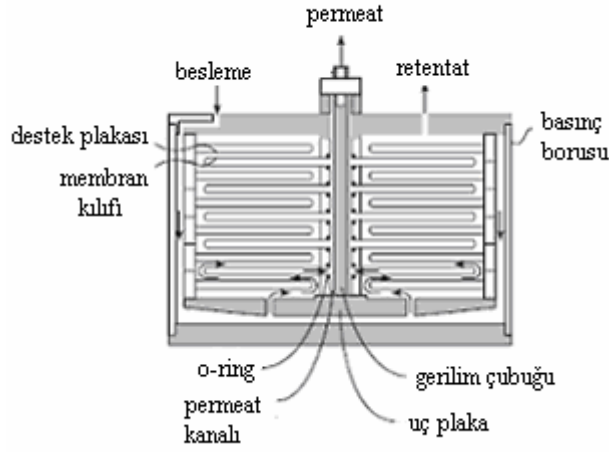
Hollow fiber modüllere benzer yapıdadır (Şekil 2.6). Ancak lif çapları 500 – 3000 µm aralığındadır ve besleme çözeltisi liflerin içinden gönderilmektedir. UF ve PV uygulamalarında kullanılmaktadır. Avantajı; geniş membran alanına sahiptir. Dezavantajı; gözenekleri tıkayan büyük parçacıkları ve polimerik lifleri bozan veya çözen kimyasalları uzaklaştırmak için ön muameleye tabi tutulmasıdır (Fried 2003, Baker 2004, Cardew and Le1998).



Şekil 2.6 Tipik bir kapiler modülü (a), tek bir lifin kesit görünümü (b) (Judd and Jefferson 2003)

2.5.4 Levha – Çerçeve Modülü

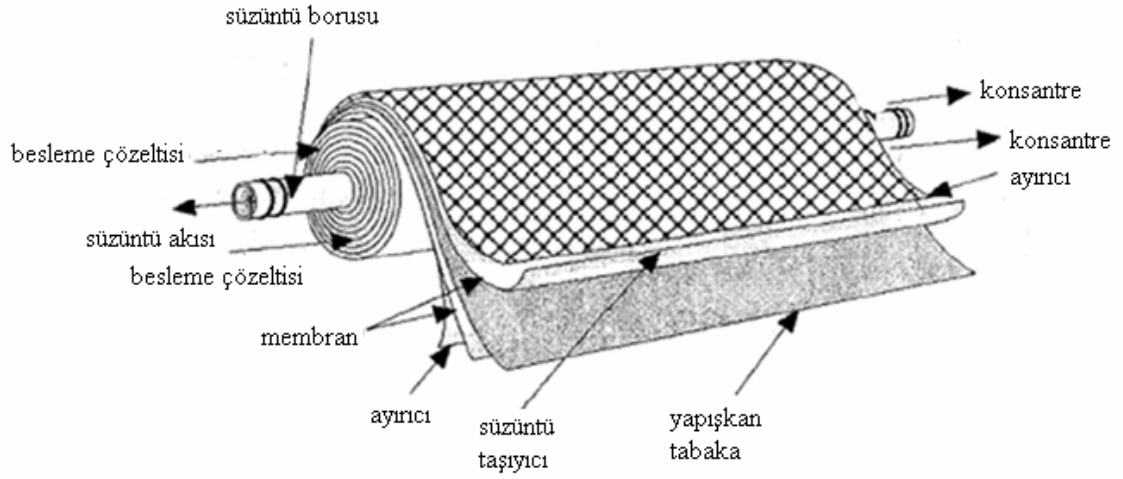
Levha-çerçeve modülleri küçük ölçekli uygulamalar için geliştirilmiştir (Şekil 2.7), ancak diğer modüllerle karşılaştırıldığında pahalıdır. Her bir plaka için gerekli olan contalardan meydana gelen sızıntılar ciddi problem yaratır. Günümüzde sadece ED ve PV uygulamalarında ve sınırlı sayıda RO ve UF sistemlerinde de kullanılmaktadır (Beerlage et al. 1989, Judd and Jefferson 2003, Fried 2003, Cardew and Le 1998, Singh 1998).



Şekil 2.7 Levha – çerçeve modülünün şematik gösterimi (Judd and Jefferson 2003)

2.5.5 Spiral Sargılı Modül

Bu modül silindire sarılmış olan bir plaka olarak düşünülebilir (Şekil 2.8). Bu sargılı tasarım yüksek süzöntü akısı üretmek için büyük bir membran yüzey alanını ve uygun akışkan dinamikleri sağlamaktadır. Spiral-sargı modülünün başlıca uygulaması RO'dur. Spiral-sargı modüller, iç gözenekli permeat toplama tüpü etrafına düz tabaka membranlar, ara plakalar ve gözenekli tabakaların sandviçlenmesiyle oluşturulur. Permeat, toplama tüpüne radyal olarak akarken, besleme ara plakalar tarafından oluşturulan kanallarda (sandviç boyunca) aksenal olarak akar. Ucuz olması, geniş basınç aralığı ile çalışması gibi avantajlarının yanı sıra ön arıtım gerektirmesi ve temizlenme gerektirmesi gibi dezavantajları vardır (Beerlage et al.1989, Judd and Jefferson 2003, Fried 2003, Cardew and Le1998, Singh 1998).



Şekil 2.8 Spiral sargılı modül (Jesus 2002)

2.6 Membran Prosesleri

Gelişmiş ve halen gelişmekte olan birçok membran ayırma prosesi mevcuttur (Çizelge 2.2). En yaygın kullanılan bazı membran ayırma işlemleri;

- Mikrofiltrasyon
- Ultrafiltrasyon
- Nanofiltrasyon
- Ters Ozmos (Hiperfiltrasyon)
- Gaz Ayırma
- Pervaporasyon
- Diyaliz
- Elektrodializ' dir.

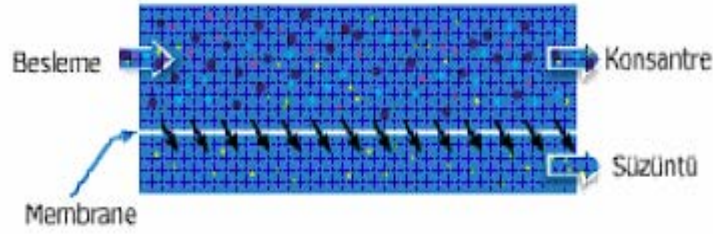
Çizelge 2.2 Membran Prosesleri ve Karakteristikleri

Membran Prosesi	Ayrılan Karışım	Ayırma Mekanizması	İtici Güç	Tercihen Geçen Bileşen
Mikrofiltrasyon (MF)	Süspansiyon, emülsiyon	Elek	Basınç farkı (≤ 5 bar)	Çözelti
Ultrafiltrasyon (UF)	Makromoleküler çözeltiler, emülsiyonlar	Elek	Basınç farkı (≤ 10 bar)	Çözücü
Ters Ozmos	Sulu çözeltiler	Sorpsiyon	Basınç farkı (≤ 100 bar)	Çözücü
Gaz Ayırma	Gaz karışımları	Difüzyon/çözünme	Basınç farkı (≤ 80 bar)	Bileşenlerden biri
Pervaporasyon	Sulu organik karışımlar, organik karışımlar	Difüzyon/çözünme	Konsantrasyon farkı	Bileşenlerden biri
Diyaliz	Sulu çözeltiler	Difüzyon/çözünme	Konsantrasyon farkı	Mikro çözünen
Elektrodiyaliz	Sulu çözeltiler	Zıt iyon taşınımı	Elektrik akımı	Mikro iyon

2.6.1 Mikrofiltrasyon

Mikrofiltrasyon en eski basınç sürürlü proseslerden biridir. MF’ de boyutu 0,1’ den 20 μm ’ ye kadar olan moleküller membran tarafından tutulurlar. Çoğunlukla tubuler ve kapiler membran modülleri tercih edilir. Ayırma mekanizması, boyut farklılığına dayanır. MF uygulamalarında, membran direnci düşük olduğu için 0 – 2 bar basınç farkı arasında işletilir. MF’ de akım, membran yüzeyine uygulanmakta membrandan

geçmeyen konsantre kısım membran yüzeyinde birikmektedir (Şekil 2.9). Zamanla membran yüzeyinde oluşan direnç artmaktadır. MF’ de karşılaşılan en büyük problem zamanla akıda meydana gelen azalmadır. Membran malzemesi olarak polimer ve seramiklerin kullanıldığı MF’ de ayırma prensibi elek mekanizmasıdır. MF, fermentasyon ürünlerinden mikroorganizmaları uzaklaştırmak için kullanılabilirdiği gibi, kolloidler, yağ molekülleri ve hücreler gibi heterojen dağılmış parçacıkları da ayırıştırabilir. MF genelde permeat akımının ürün olarak elde edildiği bir saflaştırma işlemi olmakla birlikte süspansiyonların deriştirilmesinde kullanılmaktadır (Singh 1998, Fried 2003, Cheremisinof 2002, Koyuncu 2001).



Şekil 2.9 Mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon proseslerinin şematik gösterimi

2.6.2 Ultrafiltrasyon

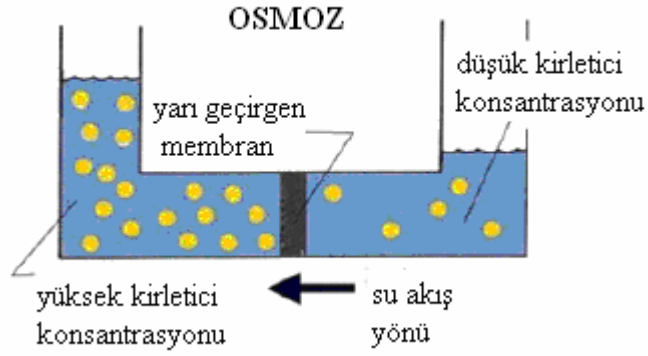
Ultrafiltrasyon, düşük basınç altında büyüklüklerine göre seçilmiş maddelerin ayrılmasıdır (Şekil 2.9) (İnt. Kyn. 3). Membran filtrelerle yapılan bu filtrasyonda, moleküllerin boyut, biçim ve/veya yüklerine göre ayrılmaları sağlanır. Ayrımı yapılacak molekülleri içeren çözelti dışarıdan oluşturulan bir kuvvetle yarı geçirgen bir zardan geçmeye zorlanır (İnt. Kyn. 6). Membran boyunca kütle akışını sağlayan itici güç basınçtır. UF’ nin ilaç ve gıda endüstrisi, fabrika atık sularının arıtılması ve değerlendirilmesinde, meyve suyu ve süt üretiminde uygulamaları mevcuttur (Cheremisinoff 2002, Singh 1998).

2.6.3 Nanofiltrasyon

RO ve UF membran boyutları arasında gözenek boyutuna sahip membranlar NF membranlar (gözenek boyutu 0.002 μm) olarak adlandırılırlar. Genellikle 200' den büyük molekül ağırlığına sahip organiklerin (laktoz, sukroz ve glikoz gibi) karışımdan uzaklaştırılmasında uygundur. NF prosesinde, membran şeker ve bazı multivalent tuzları (MgSO_4 gibi) tutar, ancak çoğu monovalent tuzu (NaCl gibi) geçirir (Şekil 2.9). NF membran uygulamaları; suyun demineralizasyonu, kalsiyum ve magnezyum gibi iyonların tutularak suyun yumuşatılması, atık sulardaki TOC (toplam organik bileşenlerin) seviyesinin düşürülmesi, ağır metallerin uzaklaştırılmasını kapsar (Singh 1998, Cheremisinof 2002).

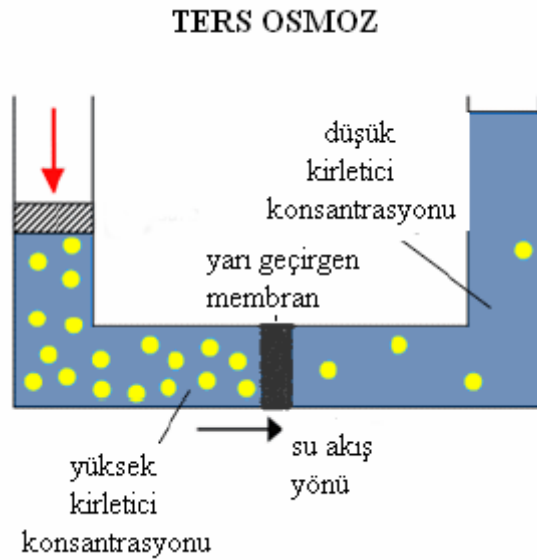
2.6.4 Ters Osmoz (Hiperfiltrasyon)

Ters osmozun anlayabilmek için osmos olayının esaslarını bilmek gerekir. Yarı geçirgen bir membranın iki tarafında sıvı bulunur. İki sıvının içindeki iyonların konsantrasyonu birbirinden farklı ise düşük konsantrasyonlu sıvıdan yüksek konsantrasyonlu sıvıya doğru su geçişi olur fakat iyon geçişi olmaz (Şekil 2.10). Böylece yüksek konsantrasyonlu sıvıya doğru su geçişi olduğundan bu sıvının iyon konsantrasyonu düşerken, düşük konsantrasyonlu sıvı içinde su miktarı azalacağından iyon konsantrasyonu yükselir, iki sıvı arasındaki konsantrasyon farkı azalarak eşitlenir ve dengeye ulaşır. Bu olaya *osmoz* denir.



Şekil 2.10 Osmoz olayının şematik gösterimi

Ters osmozun temel ilkesi sadece su geçişine izin vermesidir (Şekil 2.11). Bunun dışında kalan tüm maddeler membran tarafından tutulmaktadır. Böylece su konsantre çözüldüden ayrılıp su tarafına akar ve aralarında konsantrasyon farkı bulunan iki faz meydana gelmiş olur.



Şekil 2.11 Ters Osmoz olaylarının şematik gösterimi

RO prosesi su içinde mevcut çözülmüş katı, bakteri, virüs ve diğer mikropları giderebilir. RO membranının gözenek çapı $< 0.001 \mu\text{m}$ ' dir. RO'un en önemli kullanım alanı deniz suyundan içme suyu eldesidir (>800 psig). Prosesin en belirgin özelliği

hiçbir faz değişiminin olmamasıdır. Nispeten düşük miktarda enerji gerektiren basınç sürücülü (300 – 1500 psig) bir prosestir (Singh 1998, Cheremisinof 2002).

Polimerik membran malzemelerin kullanıldığı ters osmozun uygulama alanları:

- Deniz suyundan su eldesi,
- Ultra saf su eldesi (elektronik endüstrisi),
- Meyve suyu, şeker, süt konsantrasyonu (gıda endüstrisi),
- Atık su muamelesidir.

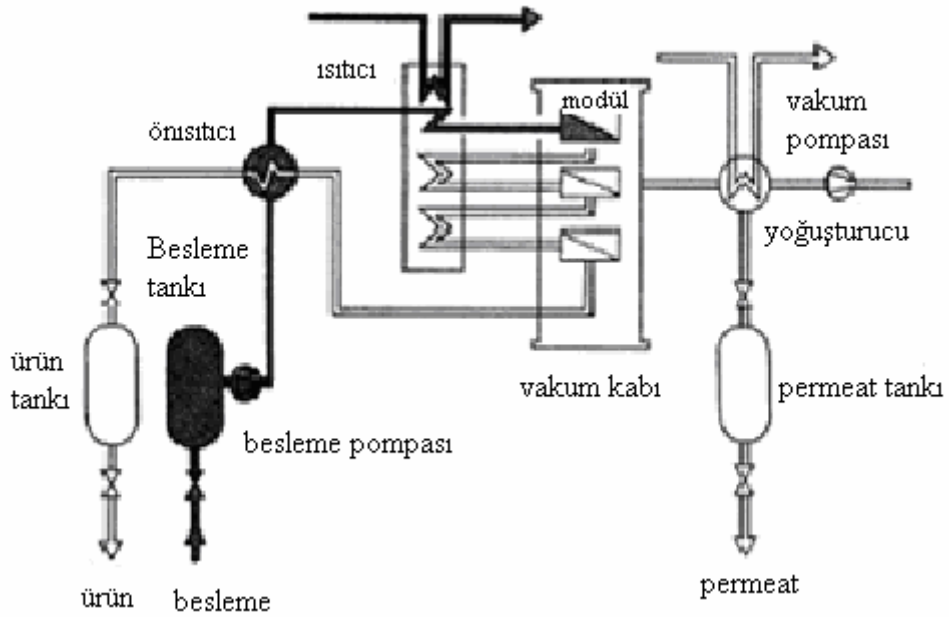
2.6.5 Gaz Ayırma

Bir gazın polimerdeki geçirgenliği, genellikle gazın boyutunun küçülmesi ve gazın çözünürlüğünün yükselmesi ile artar. Akı ve seçicilik temelinde membranlar gözenekli, gözeneksiz ve asimetric olarak sınıflandırılabilir. Gözenekli membranlarla gaz ayırımı yüksek akı ve düşük seçicilik verirken, gözeneksiz membranlar düşük akı ve yüksek seçicilik verir. Gözeneksiz membranların en büyük avantajı, permeantların boyutları aynı olsa bile membrandaki çözünürlükleri farklıysa ayrılabilmesidir. Asimetric membranlar ise ince bir ayırıcı üst tabaka ve çok daha kalın bir fiziksel destek tabakasından oluşur (Borchardt 2003). Membran kullanımı ile gaz ayırmada, membran girişine basınç uygulanması ile gaz karışımındaki bileşenlerden biri membrandan geçer ve ayırma gerçekleşir (Hilmioğlu 2004). Genellikle ince film kompozit polimerik membranlar kullanarak havadan oksijen veya azot ayrılması (silikon kauçuk, polisülfon, etilselüloz, polianilin membranlar), hidrokarbonlardan CO₂ ve H₂S ayrılması (selüloz asetat, polisülfon, polieterimid membranlar), havadan hidrokarbon buharlarının ayrılması (silikon kauçuk membranlar), CH₄ veya NH₃'den H₂ ayrılması (polisulfon membranlar) gibi uygulamalar mevcuttur (Cassano et al. 2006, Fried 2003, Pandey and Chauhan 2001, Degreve et al. 2001).

2.6.6 Pervaporasyon

Bir polimerik membran kullanılarak ayırmanın gerçekleştirildiği PV, ayrılması zor veya geleneksel ayırma işlemlerinde fazla enerji maliyeti gerektiren organik-su veya organik-organik karışımların ayrılmasında veya bu karışımlardan bazı bileşenlerin geri kazanılmasında etkin bir proses aracı olarak büyük önem kazanmıştır.

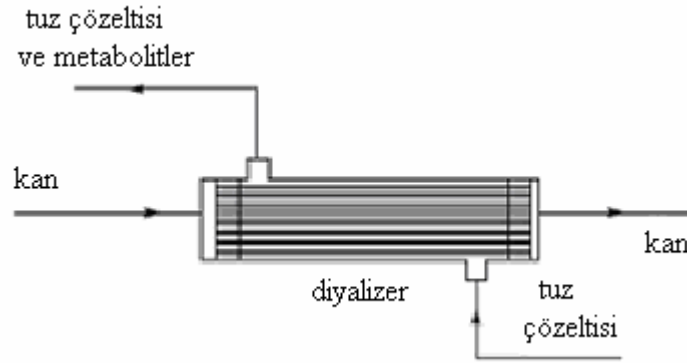
PV' de besleme karışımı atmosferik basıncıdaki yoğun membranın bir yüzeyi ile doğrudan temas ederken, membranın diğer yüzü vakum veya sürücü inert bir gaz ile düşük basınçta tutulur ve geçen bileşen buhar olarak elde edilerek yoğunlaştırılır (Hilmioğlu 2004). Şekil 2.12' de PV' nin şematik gösterimi verilmiştir. PV difüzyon kontrollü bir proses olduğu için akı genellikle düşüktür. Bu nedenle membrandan seçici olarak geçen bileşenler beslemede düşük yüzdeli olduğunda daha ekonomik olmaktadır (Shah et al. 1999). PV uygulamaları temiz teknoloji olarak da adlandırılmaktadır ve genel olarak üç kategoriye ayrılabilir: i) organik çözücülerden suyun uzaklaştırılması, ii) sulu çözeltilerden organik bileşenlerin uzaklaştırılması, iii) organik karışımların ayrılması (Smitha et al. 2004). Şekil 2.12' de pervaporasyonun şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.12 Pervaporasyon prosesinin şematik gösterimi (Richardson et al. 2002)

2.6.7 Diyaliz

Diğer bir membran ayırma prosesi olan diyaliz, endüstriyel olarak kullanılmamasına rağmen böbrek yetersizliği olan hastalardaki kandan toksin etkili metabolitlerin uzaklaştırılması gibi çok önemli bir işlevi vardır ve büyük ölçeklerde kullanılmaktadır (Şekil 2.13). Diyaliz iki sıvı faz arasında konsantrasyon farkı sonucu, membran yardımı ile çözünen maddelerin seçici olarak ayrılmasıdır. İki sıvı arasında basınç farkının çok az olduğu diyalizde amaç çözeltiyi saflaştırmaktır. Bu yöntemle düşük molekül ağırlıklı maddeler membrandan geçerek büyük molekül ağırlıklı maddelerden ayrılır. İnsan kanının metabolik atıklardan temizlendiği hemodiyaliz, diyalizin en büyük uygulamasıdır. Zaman içerisinde birçok değişiklik geçiren diyaliz günümüzde yaklaşık 1 m^2 lik membran alanına sahip modüller içinde hollow fiber membranlardan imal edilirler. Diyaliz prosesi Şekil 2.13’de gösterilmiştir (Hilmioğlu 2004, Baker 2004).

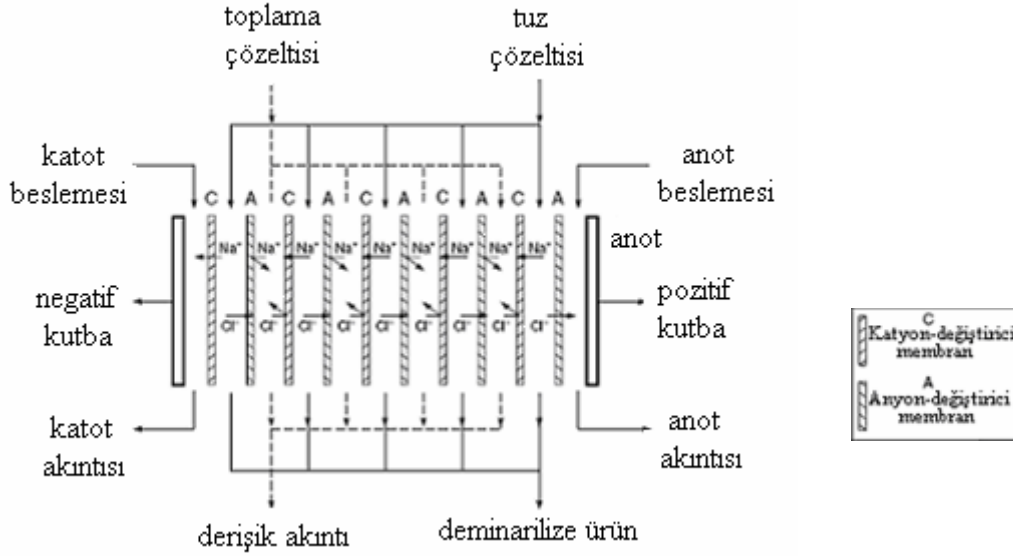


Şekil 2.13 Diyaliz prosesinin şematik gösterimi (Baker 2004)

Diyaliz iyonik olan ve olmayan tüm küçük molekülleri yok etmek ve/veya çözeltileri konsantre etmek için basit, ucuz ve etkin bir yöntemdir (İnt. Kyn. 6). Ayırma prensibinin çözünme – difüzyon modeline dayandığı diyalizin başlıca uygulaması hemodiyalizdir.

2.6.8 Elektrodiyaliz

ED prosesi, elektrolit çözeltilerindeki elektrotlar ile doğru akım kullanılarak diyaliz hızını arttırmak amacıyla geliştirilmiş iyon seçici membranların kullanıldığı bir ayırma prosesidir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Elektrodiyaliz biriminin şematik gösterimi (Baker 2004)

ED’de iyonlar elektriksel itici kuvvetin etkisiyle çözeltilerden ve membranlardan aktarılırlar. Günümüzde ED, en genel kullanımı ile, elektriksel alan ve iyon değiştirici membranlar vasıtasıyla sisteme beslenen sulu elektrolit çözeltisinin, yüksek tuz oranlı suya ve tuzu giderilmiş suya ayrılmasında kullanılan elektrolitik bir proses olarak nitelendirilebilir. ED, tuzlu ve acı sudan içilebilir su elde edilmesi, meyve sularının asitliğinin giderilmesi, pH kontrolü ve ağır metal geri kazanımı, klor-alkali tesislerinde kostik soda üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Baker 2004, Paul et al. 1998).

2.7 Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler

Antik çağlarda bu metallerin cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller insan faaliyetleri sonucu doğal çevrimler dışında atmosfere yayılmaya başlamışlardır.

Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metalleri etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu vb çeşitli amaçlar için kullanmışlardır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu grupta kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60' tan fazla metal vardır.

Son yıllarda nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve baş döndürücü bir hızla gelişen teknolojik ilerlemeler çevre kirliliği sorununun önemini iyice hissettirir hale getirmiştir.

Çevre kirliliğini artıran ve ekolojik dengenin bozulmasında önemli rol oynayan endüstri kuruluşlarının başında, atık sularında ağır metal içeren kuruluşlar gelmektedir. İlgili endüstri kuruluşları, süreçleri gereği çeşitli ağır metalleri kullanmakta ve atıklarında cıva, çinko, kobalt, bakır, demir, kurşun, krom, arsenik ve gümüş gibi metal iyonlarını ihtiva etmektedir. Etkili bir arıtım yapılmaması durumunda bu tür atıkların göl, nehir, deniz, okyanus gibi alıcı ortamlara deşarj edilmesi, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlı sistemleri ve çevresi için oldukça toksik olmaktadır.

Bu metaller içerisinde kurşun, çinko, bakır, kobalt, kadmiyum, krom, nikel, arsenik, cıva ve gümüş gibi metal iyonları, kalıcı etkilerinden dolayı canlı sistemleri ve çevre sağlığı yönünden önem taşımakta olup belirli bir sınırı aşınca da son derece toksik etki göstermektedir (Wong and Kwok 1992, Gadd and Griffiths 1978, Ting et al. 1991).

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır (Bigeresson et al. 1988).

Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır (John et al. 1996).

Ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturdukları etki ve etkin oldukları aşamaları ana sistemler açısından kısaca ele alırsak bunları;

- Kimyasal reaksiyonlara etki edenler
- Fizyolojik ve Taşınım sistemlerine etki edenler
- Kanserojen ve mutojen olarak yapı taşlarına etki edenler
- Alerjen olarak etki edenler
- Spesifik etki edenler olarak sıralamak mümkündür (Fergusson 1991, Brown and Savory 1983).

Her bir ağır metalin organlara olan toksin etkisi farklı farklıdır.

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Fakat içme suyunda istenmeyen tat meydana getirir. Vücutta aşırı bakır birikimi olduğunda özellikle karaciğer zarar görmektedir (İnt. Kyn. 2).

Çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir (Geneva 1996, Habashi 1997). Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik (zayıf) ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir (Habashi 1997).

Demir canlı organizmalar için gerekli iz elementleri sınıfına girmekte olup yaşam için gereklidir. Fakat demirin fazlası da kompleks oluşturduğu proteine zarar verebilmektedir (Brown and Savory 1983).

2.8. Membranların Performansını Etkileyen Değişkenler

Membran performansına çalışma şartlarının, kullanılan membran tipinin ve sistem tasarımının çok büyük etkisi vardır. Kullanılacak membran tipi belirlenirken göz önünde bulundurulması gereken birçok değişken vardır. Bunlar;

Sıcaklık: Sıcaklık, plastik malzemenin performansını etkileyen başlıca faktörlerdendir. Ters ozmos sistemi, ultrafiltrasyona göre daha hassastır ve ters osmoz prosesinde sistem verimliliği açısından 25 °C sıcaklıkta çalışılır. En çok kullanılan membran türü olan ve maliyeti diğerlerine göre daha düşük olan selüloz asetat membranlarının 35 – 40 °C' ye kadar dayanıklılığı vardır. Diğer bir membran türü olan seramik membranlara uygulanan sıcaklık 800 °C' ye kadar çıkabilmektedir. İşletme sıcaklığının artması normalde akı değerini de artırmaktadır. Yüksek sıcaklıklar çözünen maddenin difüzyon oranını artırmakta, çözücünün ise viskozitesini azaltmaktadır. En uygun sıcaklık değeri ekipmanın ve çözünen maddenin müsaade ettiği en yüksek sıcaklık değeridir.

Basınç: Akı, uygulanan basınç ile membrandaki ozmotik basınç farkı ile artar. Uygulanan basınç ne kadar fazla ise akı da o kadar fazladır (Eckenfelder 1989). Düşük basınçtan yüksek basınca doğru membran prosesleri; mikrofiltrasyon (≤ 5 bar), ultrafiltrasyon (≤ 10 bar), nanofiltrasyon (≤ 70 bar), ters ozmos (≤ 100 bar) olarak sınıflandırılır. Normalden yüksek basınç uygulamaları membran yapılarını bozmaktadır.

pH: Asitlik ve bazikliğin bir belirtisi olan pH, membranın ömrü ve performansı açısından önemlidir. Genelde kullanılan pH aralığı 2 – 8' dir. Çözeltinin pH değerinde meydana gelen değişim genellikle çözünen maddenin çökmesine neden olmaktadır. Bu durum membranda akı azalmasına sebep olur. Bunu önlemek için en uygun pH değeri belirlenerek o pH değerinde çalışılmalıdır.

Konsantrasyon: Membran tarafından giderilen maddelerin konsantrasyonu ne kadar az olursa akı değeri o kadar fazla olmaktadır. Çünkü besleme suyunun konsantrasyonunda meydana gelen artma aynı zamanda ozmotik basınçta artış meydana getirmekte ve bu da membrana uygulanan net basıncı azaltmaktadır. Dolayısıyla akı değerinde azalma olmaktadır.

Kimyasal Uygunluk: Membranın hazırlandığı polimerler kimyasal olarak dayanıklı ve çözeltiye de uygun olmalıdır. Çözelti içinde bulunan kimyasal maddelerden dolayı membranda performans düşüklüğü meydana gelebilir (Koyuncu 2001).

2.9 Adsorpsiyon

Gaz ya da sıvı çözümlerde çözünen molekül ya da iyonların katı bir madde yüzeyine tutularak birikmesi olayına *adsorpsiyon*, tutunan taneciklerin yüzeyden geri alınmasına *desorpsiyon* denir (Tong and Dong 2002). Adsorpsiyon olayı maddenin sınır yüzeyinde moleküller arası kuvvetlerin denkleşmemesinden ileri gelir (Hatay 2006). Adsorpsiyonun gerçekleştiği gözenekli katıya *adsorban* denir. Adsorplanan molekül; farklı pH, iyonik şiddet ve uygun elüentler kullanılarak ligand ile arasındaki kovalent olmayan ilişkinin bozulması ile desorbe edilir.

Üç tip adsorpsiyon çeşidi vardır:

- Fiziksel
- Kimyasal
- İyon değişimi

2.9.1 Fiziksel Adsorpsiyon

Adsorplanan maddenin tanecikleri ile adsorban yüzeyindeki tanecikler arasında sadece Van der Waals çekim kuvvetlerine dayanan bir bağlanma oluyorsa bu tip adsorpsiyona

fiziksel adsorpsiyon denir. Adsorbe olan molekül katı yüzeyinde belirli bir yere bağlanmamıştır, yüzey üzerinde hareketli bir durumdadır. Bununla birlikte, adsorbanın yüzeyinde birikir ve gevşek bir tabaka oluşturur. Fiziksel adsorpsiyon genellikle geri dönüşümlüdür (tersinir) (Çakmak 2003).

Fiziksel adsorpsiyonda açığa çıkan ısı, adsorplanan gaz veya buharın yoğunlaşma ısısına çok yakındır ve genellikle bu ısı 5 kcal / mol civarındadır. Adsorpsiyon sıcaklıkla ters orantılıdır, yani sıcaklığın artması adsorpsiyon miktarını önemli ölçüde azaltır. Fiziksel adsorpsiyon hızı çok büyük olduğundan hemen adsorpsiyon dengesi kurulabilir (Sarıkaya 1977).

2.9.2 Kimyasal Adsorpsiyon

Kimyasal adsorpsiyonda ise; katı ile adsorplananın moleküller arasında kimyasal bağ oluşur. Katı yüzeyi ile adsorplanan molekülleri arasında bir yüzey kompleksi oluşur. Bu kompleksin sağlamlığı etkileşen moleküller arasındaki elektron yoğunluğuna ve elektron alış verişine bağlıdır. Bir tabakalı olan bu adsorpsiyonun ısısı, kimyasal reaksiyon ısısına yakın ve genellikle 10 – 150 kcal / mol arasındadır (Sarıkaya 2000).

Kimyasal adsorpsiyon hızı sıcaklıkla artar. Yani adsorplanmış tabaka mono moleküler tabakadır. Adsorban yüzeyinin tamamı bu mono moleküler tabaka ile kaplandığında, adsorbanın adsorplama kapasitesi bitmiş olur. Bu tür adsorpsiyon çok nadir olarak geri dönüşümlüdür (tersinmez). Ayrıca; birçok durumda kimyasal adsorpsiyon katının bütün yüzeyinde değil aktif merkez denilen bazı merkezlerde meydana gelir (Hatay 2006). Adsorbe olan maddenin uzaklaştırılması için (rejenerasyon) adsorbanın yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılması gibi işlemler uygulanır.

2.9.3 İyon Değişimi Adsorpsiyonu

İyon değişim adsorpsiyonu, adsorblanan madde ile yüzey arasındaki elektriksel çekim ile olmaktadır. İyon değişimi bu sınıfa dahil edilir. Burada, zıt elektrik yüklerine sahip

olan adsorplanan madde ile adsorban yüzeyinin birbirlerini çekmesi önem kazanmaktadır. Elektrik yükü fazla olan iyonlar ve küçük çaplı iyonlar daha iyi adsorbe olurlar.

Tüm bu adsorpsiyon çeşitlerine rağmen, bir adsorpsiyon işlemini tek bir adsorpsiyon çeşidi ile açıklamak zordur.

Adsorpsiyonu etkileyen en önemli etkenlerden biri de adsorbe olanın çeşitli özellikleridir. Suda çözünebilen (hidrofilik) bir madde, suda daha az çözünen (hidrofobik) diğer bir maddeye göre daha az adsorbe olacaktır. Aynı şekilde hidrofilik ve hidrofobik olan iki grubu içeren bir molekülün hidrofobik ucu tutunmayı sağlayacaktır. Molekül büyüklüğü de adsorpsiyonu etkilemektedir. Adsorbanın gözenek büyüklüğüne en uygun büyüklükte olan molekül daha iyi adsorbe olacaktır. Değişim adsorpsiyonuna ait özel bir durum olarak, iyonize olmuş maddeler nötral maddelere göre daha az adsorbe olacaktır. Genel olarak, maddelerin nötral olduğu pH aralıklarında adsorpsiyon hızı artar. Çok bileşenli çözeltiler içerisinde bulunan madde, saf olarak bulunduğu çözeltideki durumuna göre daha az adsorbe olur. Bunun nedeni, aynı çözücüde birlikte bulunduğu diğer maddelerle olan adsorbe olma rekabetidir (Sawyer and Mc Carty 1978).

Buna göre adsorpsiyon çalışmalarında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörler:

- Sıcaklığın etkisi
- Çözeltinin ilk pH' ı
- Başlangıç adsorbat derişimi
- Çalkalama hızı
- Çalkalama zamanıdır.

Adsorpsiyon, atık arıtımında maliyet düşüklüğü ve çevre dostu olması nedeni ile tercih edilen ileri bir arıtım yöntemidir. Ama halen adsorpsiyonun, yeni bilgiler doğrultusunda, kullanım alanı ve şekli değişebilmektedir.

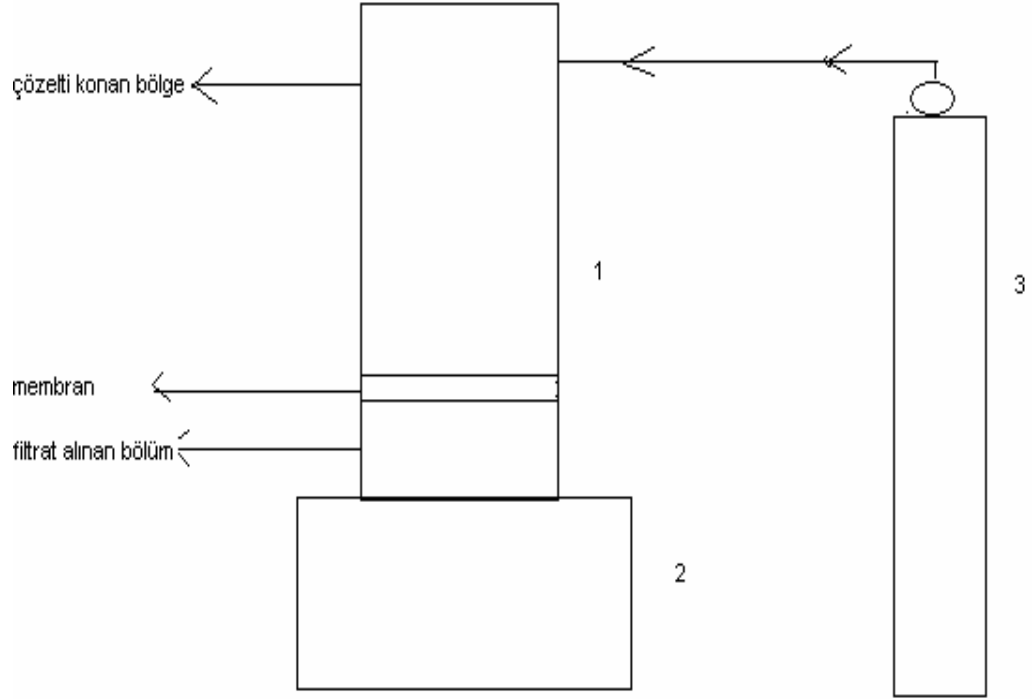
3 MATERYAL METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Deneylerde Kullanılan Aletler ve Düzenekler

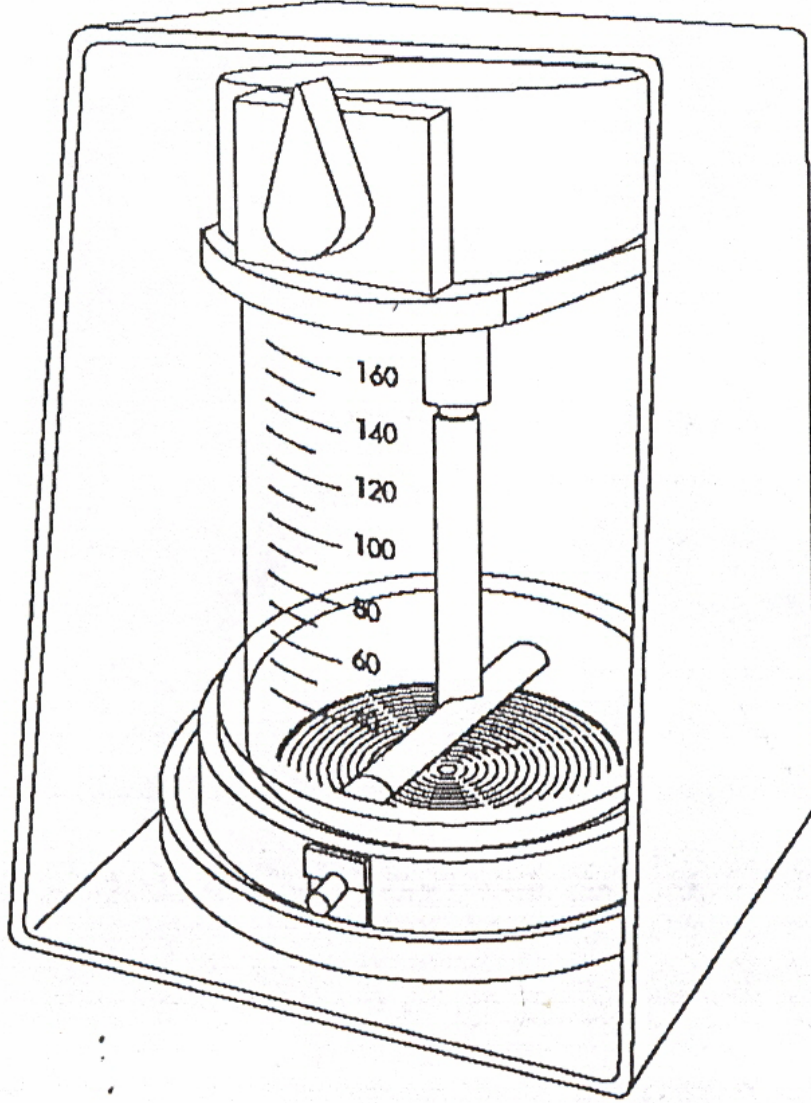
- Filtrasyon sistemi (Millipore Amicon 8400)
- Etüv (Isolab)
- pH metre (Hanna)
- UV-Vis Spektrometre (UV – 1700 Pharma, SHIMADZU)
- Perkin Elmer Optical Emission Spectrometer, Optima 4300 DV (ICP-OES)
- Otomatik pipet (Biohit)
- Isıtıcılı manyetik karıştırıcı (İka)
- Kronometre (Oregon)
- Mikrometre (Mib Messzeuge)

Filtrasyon sistemi Şekil 3.1' de görüldüğü gibi basıncı ayarlayıcı azot gaz tüpü, manyetik karıştırıcı ve filtrasyon h ccresinden oluşmaktadır. Şekil 3.2' de filtrasyon h ccresi gösterilmiştir. pH' ı ve konsantrasyonu ayarlanmış 300 ml metal  zeltisi filtrasyon h ccresinin  zelti konan bölümüne konur ve azot gazı yardımıyla istenen basıncı ayarlanarak, filtrasyon sistemine yerleştirilmiş 7,6 cm çapındaki membrana gönderilir. 300 ml  zelti membrandan tamamen geçene kadar geçen süre, akı hesaplamak için not edilir ve bu arada membrandan geçen filtrat  zeltisi ayrı bir behere alınır. Beherdeki bu filtrat  zeltisinden numune alınarak metal analizi yapılır.



- 1.Filtrasyon hücresi
- 2.Manyetik karıştırıcı
- 3.Basınç ayarlayıcı azot gazı tüpü

Şekil 3.1 Filtrasyon sisteminin akım şeması



Şekil 3.2 Filtrasyon Hücresi

3.1.2 Deneylerde Kullanılan Maddeler

- Polivinil Alkol (PVA, 72000)

Sigma firmasına ait PVA membran yapımında ve filtrasyon işlemlerinde kompleksleştirici polimer olarak kullanılmıştır.

- Aljinik Asit (AA)

Sigma firmasına ait AA (sodyum tuzu) membran yapımında ve filtrasyon işlemlerinde kompleksleştirici polimer olarak kullanılmıştır.

- Poli (metilmetakrilat co etil akrilat) (PMMA co EA)

Sigma firmasına ait PMMA co EA adsorpsiyon deneylerinde adsorplayıcı polimer olarak kullanılmıştır.

- Selüloz Filtre

Macherey – Nagel firmasına ait selüloz filtre membran yapımında destek olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Selüloz filtre'nin özellikleri

Markası	Macherey – Nagel
Çapı (cm)	12,5
Kalınlığı (cm)	0,02
Ağırlığı (mg)	1328

- (FeCl₃). 6 H₂O, (CuCl₂).2H₂O, (ZnCl₂).H₂O

Merck firmasına ait bu maddeler yapay olarak ağır metal içeren sulu çözeltilerin hazırlanmasında kullanılmıştır.

- Diğer Kimyasal Maddeler

Merck firmasına ait olan ve çalışmalarda kullanılan diğer kimyasal maddelerden KSCN spektrofotometrede analiz edilen demir çözeltilerini renklendirmek için, HCl ve NH₃ ise pH'ı ayarlamak için kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Membranların Hazırlanması

% 0,25 (m/v), % 0,35 (m/v) ve % 0,50 (m/v)'lik kompozit membran hazırlamak için % 4' lük polivinil alkol (PVA) çözeltisi hazırlandı. Hazırlanan çözülden ayrı ayrı beherlere 2,5 ml, 3,5 ml, 5 ml PVA alınarak su ile 40 ml' ye tamamlandı ve oluşan 40 ml' lik çözümler 30 dakika manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Çapı 7,6 cm olan selüloz filtreler hazırlandı. 30 dakika karıştırılan çözümler 8 cm' lik petri kablalarının kapak kısımlarına döküldü. Hazırlanan selüloz filtreler petri kabının içine daldırıldı. Dökülen membranlar 60 °C' de etüvde tam kuruluğa ulaşıncaya kadar bekletildi. Kurutulan membranlar 100 °C' de 3 saat etüvde bekletildi. Elde edilen kompozit membranlar Çizelge 3.2' deki gibi numaralandırılmış ve özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Kullanılan kompozit membranların özellikleri

Membran	Döküm çözeltisi içeriği % PVA(m/v)	gPVA/g Selüloz filtre	Kalınlık(µm)	%Su tutma(m/m)
Selüloz Filtre	-	-	200	136
I	0,25	0,129	215	123
II	0,35	0,170	230	115
III	0,50	0,254	270	112

I = % 0,25 PVA (m/v) / selüloz

II = % 0,35 PVA (m/v) / selüloz

III = % 0,50 PVA (m/v) / selüloz

3.2.2 Membranların Filtrasyon İşlemlerinde Kullanılması

Bu çalışmada Fe(III) iyonlarını içeren 300 mL' lik besleme çözeltisi kompleksiz ve Fe(III), Cu(II) ve Zn(II) iyonlarını içeren 300 mL' lik besleme çözeltisi AA ve PVA kompleksleri varlığında tek tek hazırlanmıştır.

Besleme çözeltisinin pH' ı ayarlanarak filtrasyon hücresine döküldü ve basınç yardımıyla besleme çözeltisinin membrandan geçişi sağlanmıştır. Membrandan geçiş tamamlandıktan sonra filtrattan örnek alınarak analiz yapılmıştır.

Fe(III)' ün analizi için filtrattan 3,5 ml' lik örnek alınarak 0,1 M KSCN ve 1 M HCl' den 0,1' er mL eklenmiştir. KSCN ile renklenen demir çözeltilerinin 456 nm' de spektrofotometre ile absorbansları ölçülerek derişimleri, kalibrasyon yardımıyla bulunmuştur.

Cu(II)-AA, Cu(II)-PVA, Zn(II)-AA, Zn(II)-PVA ve karışım çözeltilerinin analizlerinde de filtrattan alınan 3,5 mL' lik numunelerin derişimleri ICP – OES kullanılarak bulundu.

$$\text{İyonların tutulması } \% R = \left(1 - \frac{C_s}{C_b}\right) \times 100$$

eşitliği kullanılarak bulunmuştur. Burada C_s ve C_b sırasıyla filtratın ve besleme çözeltisinin derişimidir.

Filtrat akısı da; birim zamanda membran alanından geçen filtrat hacminin membran alanına ve birim zamana bölünmesiyle L/m^2 .sa biriminde bulunmuştur.

3.2.3 Polimetilmetakrilat co etil akrilat' ın Adsorplanmada Kullanılması

Bu alışmada Fe(III) iyonlarını içeren 50 ml çözelti hazırlandı. Hazırlanan özelti içerisine 0,1 g PMMA co EA eklendi. Çözelti manyetik karıştırıcıda karıştırılırken belirli zamanlarda numuneler alınarak analiz yapılmıştır.

Fe(III)'ün analizi için filtrattan 3,5 ml' lik örnek alınarak 0,1 M KSCN ve 1 M HCl' den 100 µL eklendi. KSCN ile renklenen demir çözeltilerinin 456 nm' de spektrofotometre ile absorpsanları ölçülerek kalibrasyon yardımıyla derişimleri bulundu.

4. BULGULAR

Bu çalışmada % 0,25 (m/v), % 0,35 (m/v) ve % 0,50 (m/v)' lik membranlar kullanılarak Fe(III)' ün sulu çözeltisinin kompleksiz olarak, Fe(III), Cu(II) ve Zn(II)' nin sulu çözeltilerinin AA ve PVA varlığında ayrılması yapılmıştır. Ayrıca adsorplayıcı olarak PMMA co EA kullanılarak çözeltideki Fe(III) iyonlarının ne kadar adsorplandığı araştırılmıştır.

Filtrasyon tekniği ile gerçekleştirilen çalışmalar ve çözeltilerin adsorplanma derecelerinin incelendiği çalışmalar toplam beş aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada filtrasyon tekniğinde kullanılacak uygun membranların elde edilebilmesi için çalışmalar yapılarak bu çalışmada kullanılacak membranlar seçilmiştir.

İkinci aşamada Fe(III) iyonlarını sulu çözeltiden ayırırken basıncın, membran içeriğinin ve çözeltiyi karıştırma hızının tutulmaya ve akıya etkileri tespit edilmiştir. Fe(III) iyonlarının PVA varlığında basınç, çözelti pH' ı parametrelerinin tutulmaya ve akıya etkileri ile Fe(III) iyonlarının AA varlığında basınç parametresinin tutulmaya ve akıya etkisi araştırılmıştır.

Üçüncü aşamada PVA ile kompleksleştirilmiş Cu(II) iyonlarının sulu çözeltilerden ayrılması sırasında çözelti pH' ının tutulmaya ve akıya etkisi ile Cu(II) iyonlarının AA varlığında sulu çözeltilerden ayırırken basınç ve çözelti pH' ı parametrelerinin tutulmaya ve akıya etkileri incelenmiştir.

Dördüncü aşamada Zn(II) iyonlarını PVA varlığında sulu çözeltilerden ayırırken basınç, membran içeriği ve çözelti pH' ı parametrelerinin tutulmaya ve akıya etkilerinin yanı sıra Zn(II) iyonlarını AA varlığında sulu çözeltilerden ayırırken basınç parametresinin tutulmaya ve akıya etkisi araştırılmıştır.

Beşinci aşamada Fe(III) iyonlarının sulu çözeltiden PMMA co EA tarafından adsorplanması sırasında zaman, çözelti pH' ı ve karıştırma hızı parametrelerinin adsorplanmaya etkisi incelenmiştir.

4.1 Membran Çalışmaları

Filtrasyon tekniği ile yapılan deneylerde çeşitli yöntemlerle elde edilen membranlar denenmiştir. Membranlara 60 Psi' ye kadar basınç uygulanarak saf su geçirgenliğini sağlayıp sağlamadığına bakılmıştır. Membran araştırma çalışmaları Çizelge 4.1' de gösterilmiştir. Filtrasyon tekniği ile yapılan deneylerde, elde edilen membranların kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Membranın PVA içeriği arttıkça gözenekler ve selüloz lifleri arasındaki boşluklar azalmaktadır.

Çizelge 4.1 PVA / Selüloz Kompozit membran için saf su geçişi

Membran	Basınç (Psi)	Akı (lt / m ² .sa)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	10	155,17
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	10	24
% 0,50 PVA (m/v) / selüloz	10	0,7
% 0,50 PVA (m/v) / selüloz	30	2,86
% 0,50 PVA (m/v) / selüloz	60	7,32
% 0,75 PVA (m/v) / selüloz	10	Geçirmedi
% 0,75 PVA (m/v) / selüloz	30	Geçirmedi
% 0,75 PVA (m/v) / selüloz	60	0,93

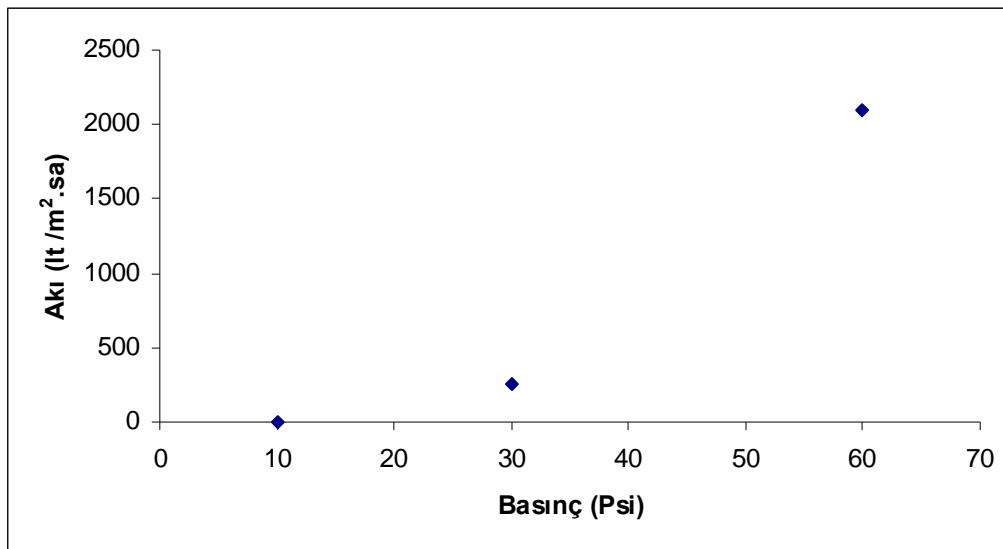
4.1.1 Demir(III) Çözeltilerinin PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonu

4.1.1.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

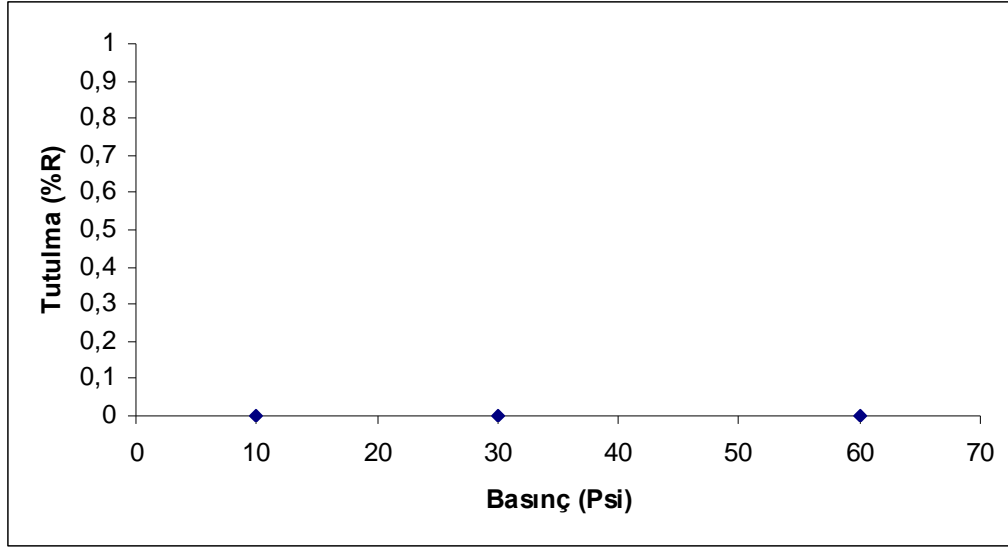
1×10^{-4} M Fe(III) çözeltisi % 0,35 PVA (m/v) / selüloz membran kullanılarak 1,5 karıştırma hızında, pH 3' de değişik basınçlarda filtre edilmiştir. Basıncın tutulmaya ve akıya etkilerinin sonuçları Çizelge 4.2, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de verilmiştir. Basıncın artmasıyla akının beklenen şekilde arttığı gözlenmiştir iyon çapının küçüklüğünden dolayı da tutulma gözlenmemiştir.

Çizelge 4.2 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	Basıncı (Psi)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	10	geçirmedi	-
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	30	251,16	-
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	60	2095,91	-



Şekil 4.1 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda basıncın akıya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)



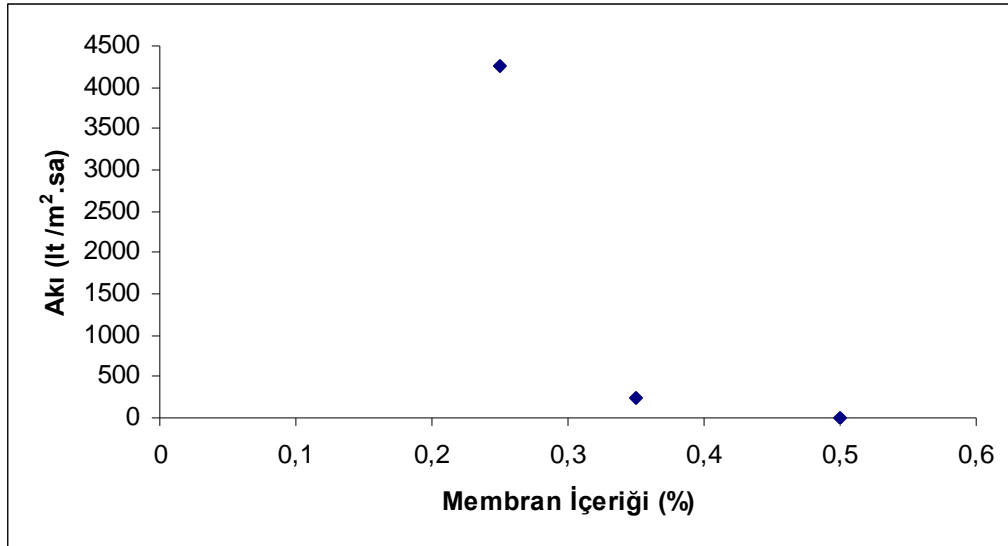
Şekil 4.2 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.1.2 Membran İçeriğinin Akıya ve Tutulmaya Etkisi

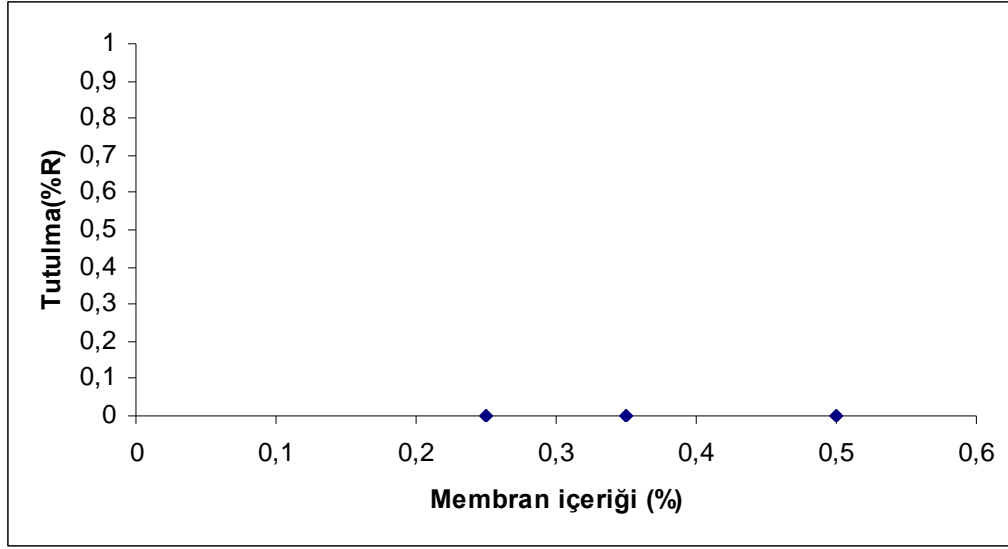
1×10^{-4} M Fe^{+3} çözeltisi % 0,25 PVA (m/v) / selüloz, % 0,35 PVA (m/v) / selüloz, % 0,50 PVA (m/v) / selüloz membranları kullanılarak 1,5 karıştırma hızında, pH 3' te ve 30 Psi basınçta filtre edilmiştir. Membrandaki PVA derişiminin tutulma ve akıya etkileri Çizelge 4.3' te, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' de verilmiştir. Görüldüğü gibi membranın PVA içeriğindeki artışla tutulma gözlenmemekte akı ise azalmaktadır. Çözeltideki PVA derişiminin artışıyla gözenekli filtrenin gözenekleri daha kalın polimer filmi ile kaplanır ve membranın gözenek boyutu azalır dolayısıyla akı azalır. İyon çapı küçüklüğünden dolayı tutulma gözlenmemiştir.

Çizelge 4.3 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda membran içeriğinin akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5, P = 30 Psi)

Membran	Membran içeriği (%)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma(%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	% 0,25 PVA (m/v)	4251,7	-
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	% 0,35 PVA (m/v)	251,16	-
% 0,50 PVA (m/v) / selüloz	% 0,50 PVA (m/v)	geçirmedi	-



Şekil 4.3 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda membran içeriğinin akıya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5, P = 30 Psi)



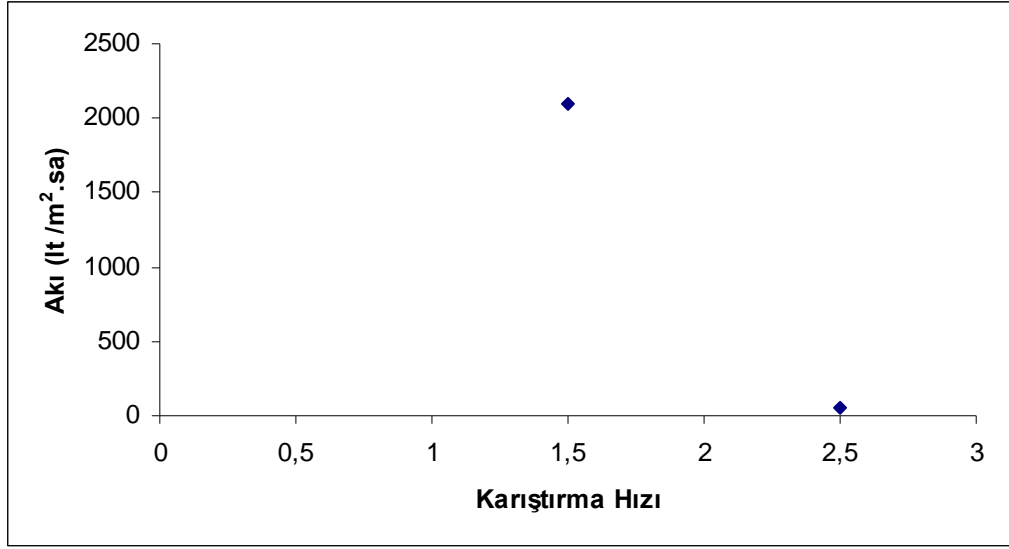
Şekil 4.4 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda membran içeriğinin tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5, P = 30 Psi)

4.1.1.3 Karıştırma Hızının Akıya ve Tutulmaya Etkisi

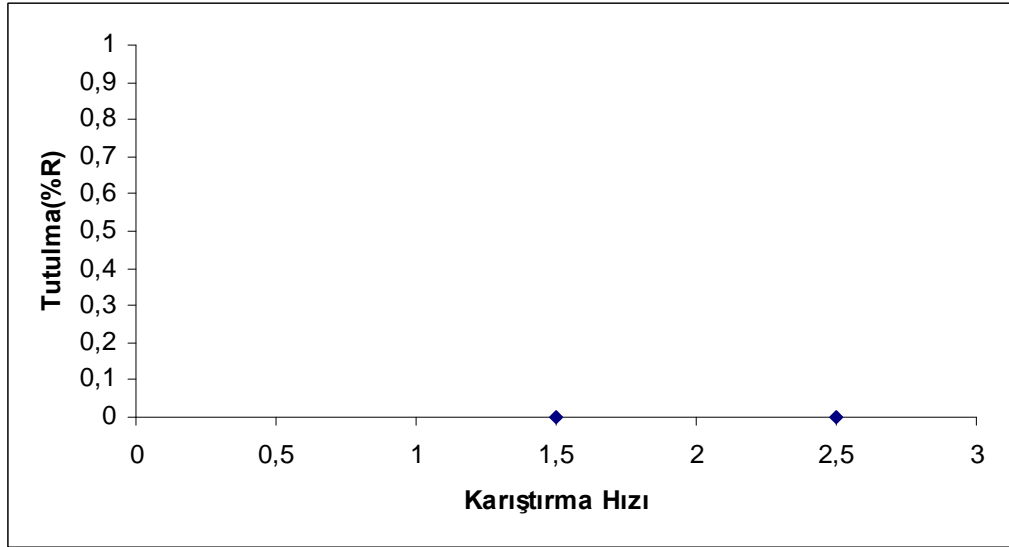
1×10^{-4} M Fe(III) çözeltisi 60 Psi' de, pH 3' te ve % 0,35 PVA (m/v) / selüloz membranı kullanılarak 1,5 ve 2,5 karıştırma hızlarında filtre edilmiştir. Hızın tutulmaya ve akıya etkileri Çizelge 4.4' te, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6' da verilmiştir. Görüldüğü gibi karıştırma hızı artışı ile tutulma iyon çapı küçüklüğünden dolayı gözlenmezken akı kekleşmeden dolayı azalmıştır.

Çizelge 4.4 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda karıştırma hızının akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, P = 60 Psi)

Membran	Karıştırma Hızı	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	1,5	2095,91	-
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	2,5	59,23	-



Şekil 4.5 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda karıştırma hızının akıya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, P = 60 Psi)



Şekil 4.6 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III) çözeltisi filtrasyonunda karıştırma hızının tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, P = 60 Psi)

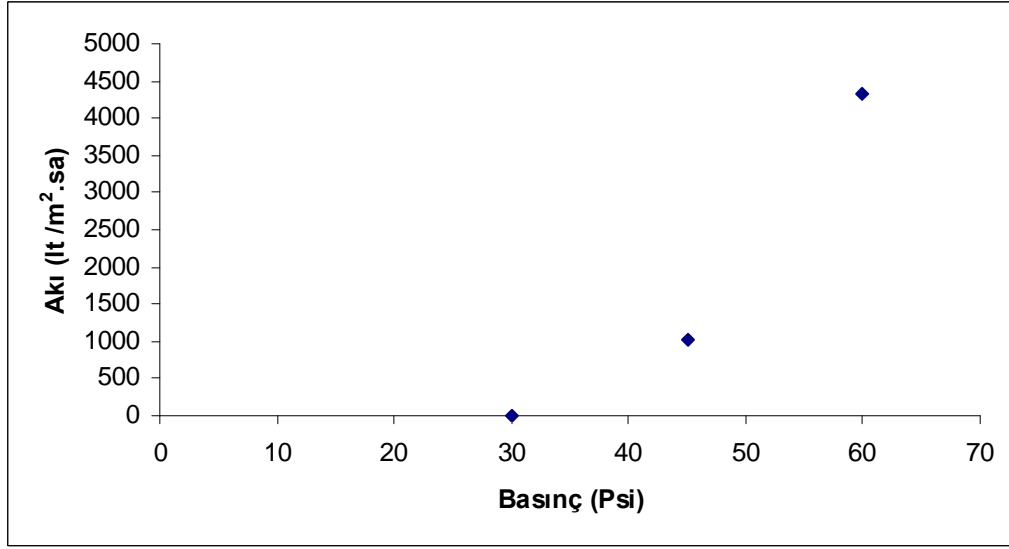
4.1.2 Demir(III) Çözeltilerinin PVA Varlığında PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonu

4.1.2.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

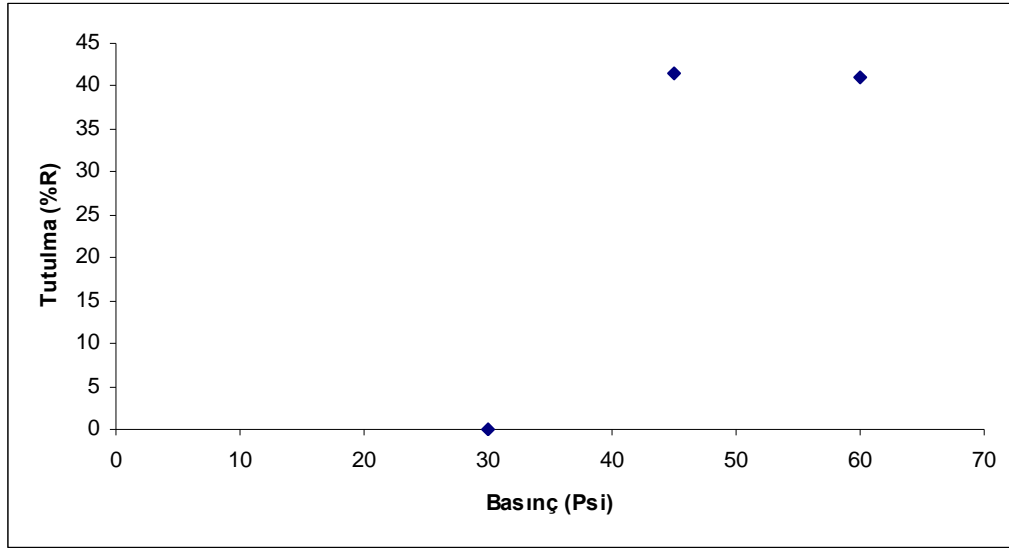
1×10^{-4} M Fe^{+3} ile 2×10^{-4} bg / L PVA içerikli çözeltilerin pH 3' te 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile 30 Psi, 45 Psi ve 60 Psi basınçlarda yapılan filtrasyonunun tutulma ve akıya etkileri Çizelge 4.5' te, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8' de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Fe(III)'ün PVA ile verdiği kompleksten dolayı çap büyümüş ve Fe(III) tutulmuştur. 45 Psi ve 60 Psi basınçlarda ki tutulma hemen hemen aynıdır. Basınç artışı ile de akı artmıştır.

Çizelge 4.5 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{\text{Fe(III)}} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{\text{PVA}} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	Basınç (Psi)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	30	geçirmedi	-
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	45	1013,17	41,5
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	60	4329	41



Şekil 4.7 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)



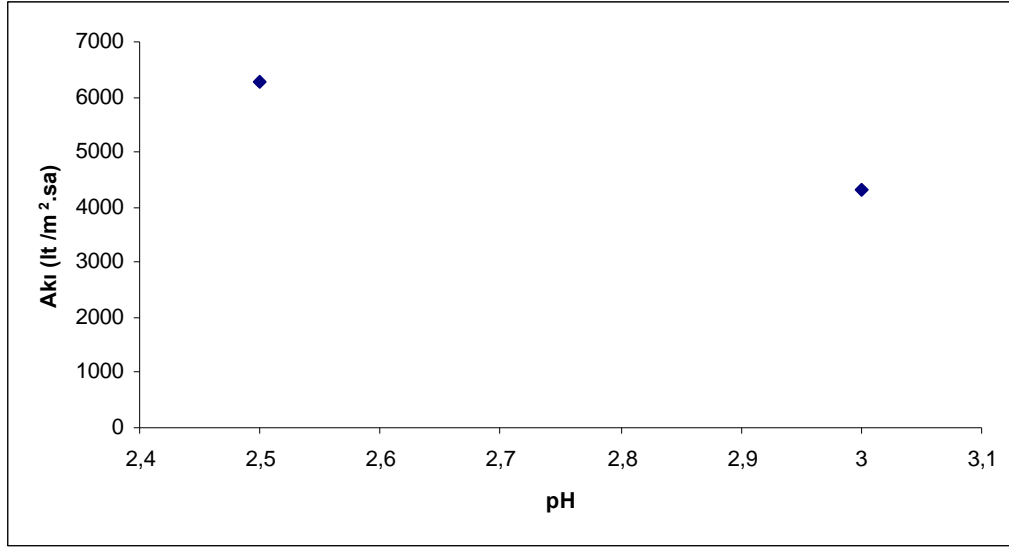
Şekil 4.8 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.2.2 pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

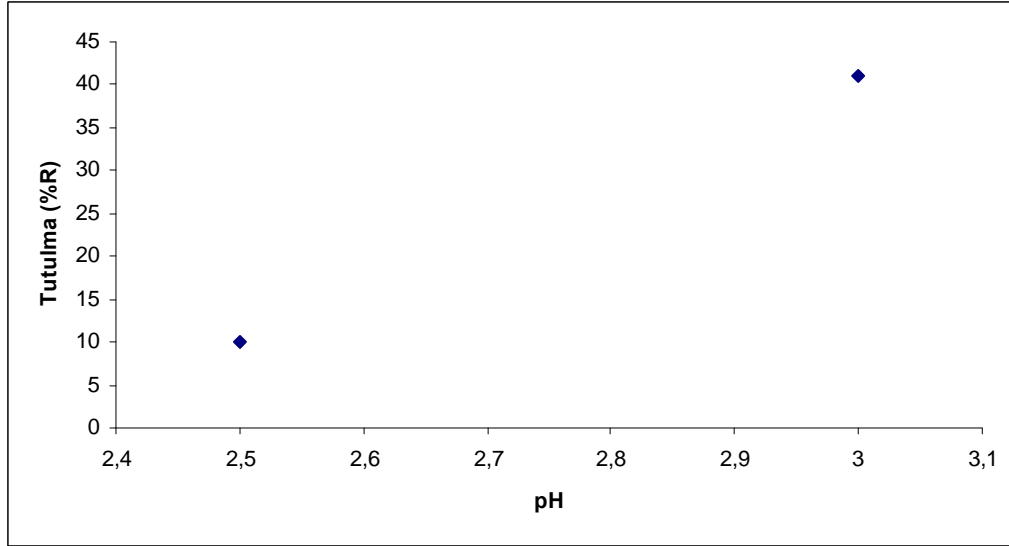
1×10^{-4} M Fe^{+3} ile 2×10^{-4} bg / L PVA içerikli çözeltilerin 60 Psi basınçta, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile pH 2,5 ve pH 3' te yapılan filtrasyonunun tutulmaya ve akıya etkileri Çizelge 4.6' da, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10' da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Fe(III)-PVA çözeltisinin pH'ı 2,5' ten 3' e çıkarıldığında akı düşmüş ve tutulma artmıştır. pH artışıyla sulu ortamdaki H^+ iyonları azalmakta ve Fe(III) iyonlarının PVA ile kompleks oluşturması artmaktadır. Dolayısıyla tutulma artmaktadır. En iyi tutulma pH 3' te gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.6 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	pH	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma(%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	2,5	6265,66	10
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	3,0	4329	41



Şekil 4.9 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)



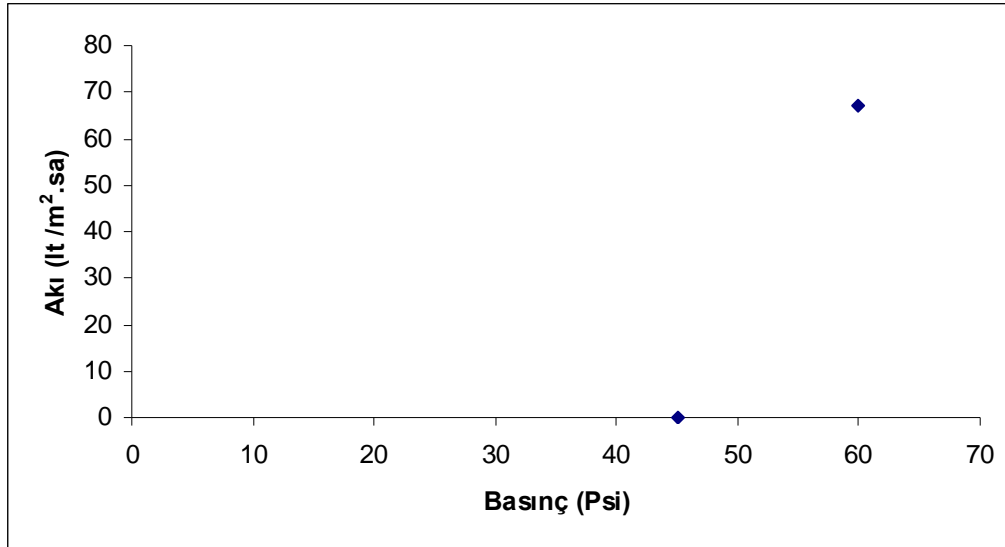
Şekil 4.10 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.3 Demir(III) Çözeltilerinin AA Varlığında Filtrasyonunda Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

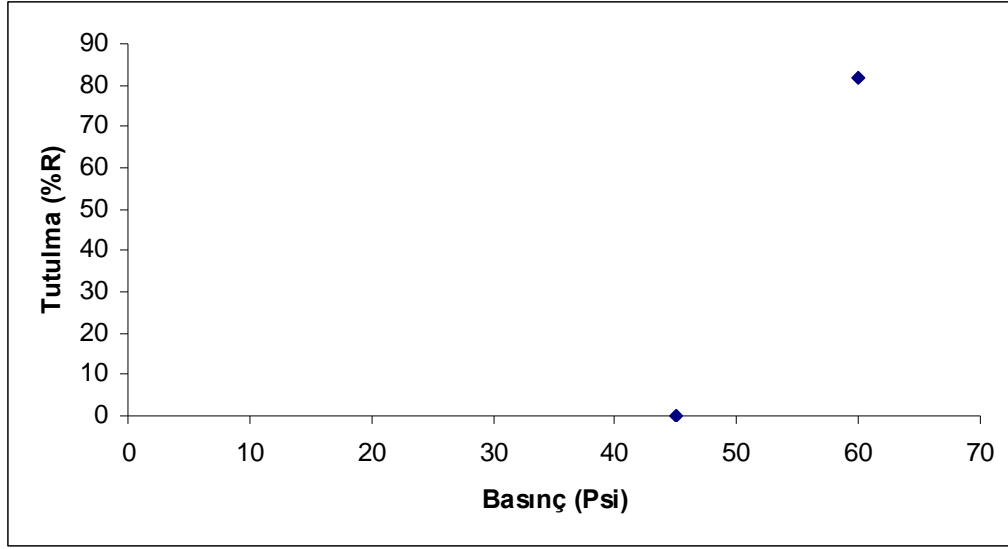
1×10^{-4} M Fe^{+3} ile 2×10^{-4} bg / L AA içerikli çözeltilerin pH 3' te 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile 45 Psi ve 60 Psi basınçlarda yapılan filtrasyonunun tutulma ve akıya etkileri Çizelge 4.7' de, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12' de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Fe(III)'ün AA ile verdiği komplesten dolayı çap büyümüş ve Fe(III) tutulmuştur.

Çizelge 4.7 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	Basınc (Psi)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma(%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	45	geçirmedi	-
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	60	67,26	82



Şekil 4.11 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)



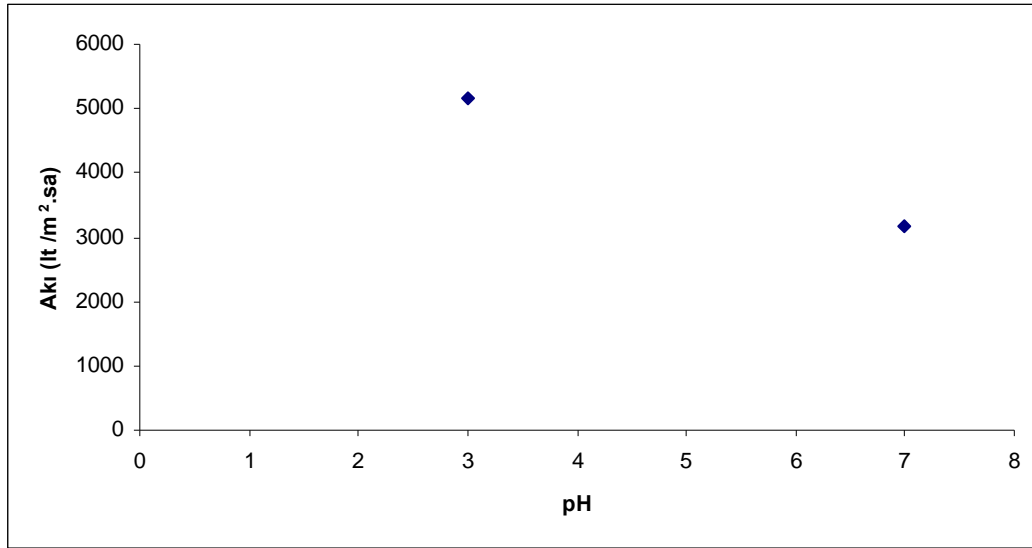
Şekil 4.12 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Fe(III)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.4 Bakır (II) Çözeltilerinin PVA Varlığında PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonunda pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

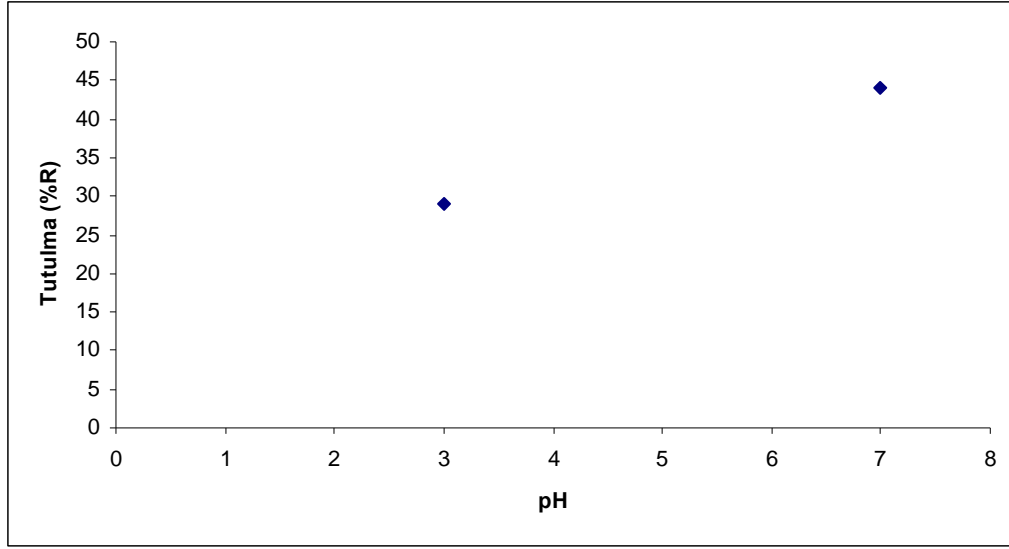
1×10^{-4} M Cu^{+2} ile 2×10^{-4} bg / L PVA içerikli çözeltilerin 60 Psi basınçta, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile pH 3 ve pH 7' de yapılan filtrasyonunun tutulma ve akıya etkileri Çizelge 4.8' de, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14' te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Cu(II)-PVA çözeltisinin pH' ı 3' ten 7' ye çıkarıldığında akı düşmüş ve tutulma artmıştır. Düşük pH' larda H^+ iyonu derişimi artmakta ve PVA' nın hidroksil gruplarının iyonlaşmasını azaltmakta, dolayısıyla kompleks oluşumu zorlaşmaktadır. Neticede düşük pH' da tutulma düşmektedir. pH arttıkça tutulma da artmaktadır. En iyi tutulma pH 7' de gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.8 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, P = 60, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	pH	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	3	5175,98	29
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	7	3174,6	44



Şekil 4.13 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)



Şekil 4.14 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın tutulmaya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

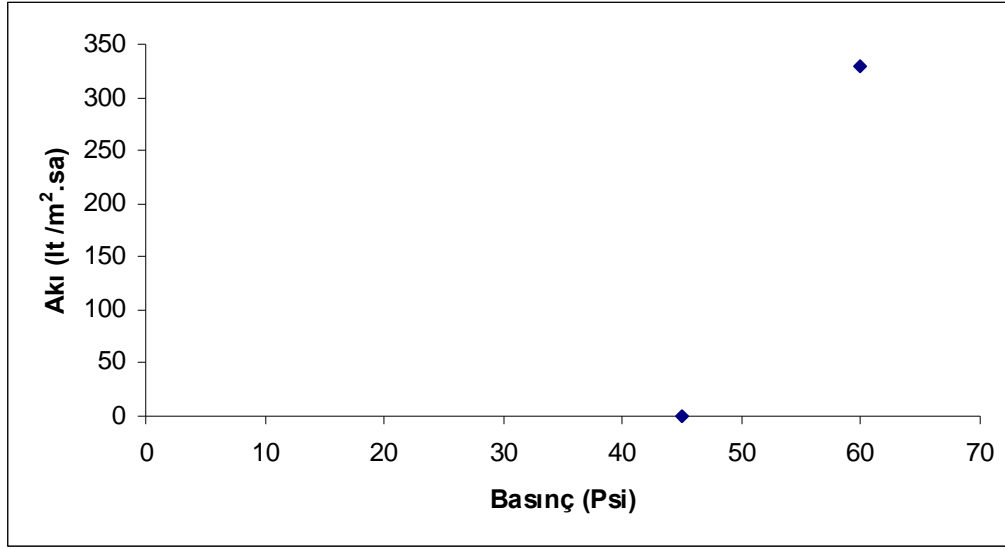
4.1.5 Bakır (II) Çözeltilerinin AA Varlığında PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonu

4.1.5.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

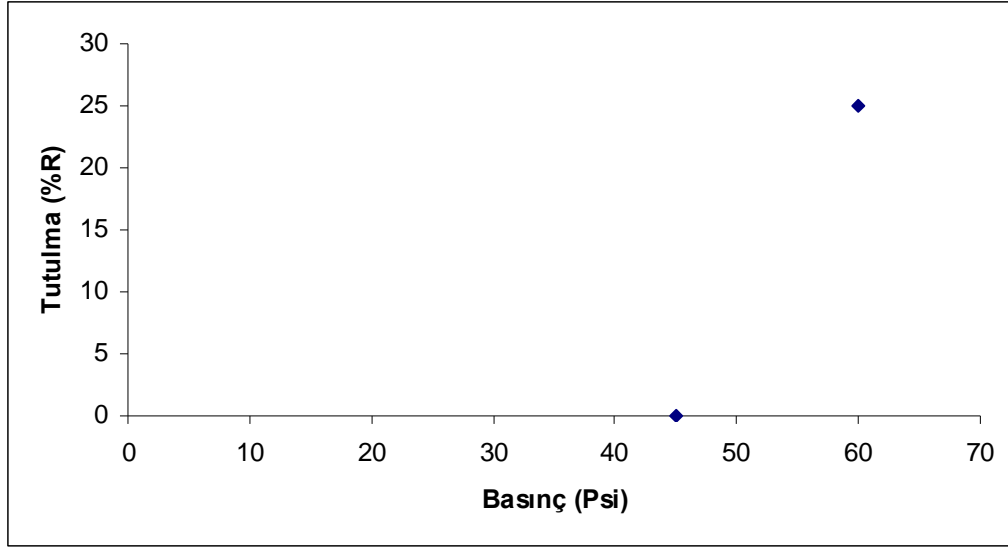
1×10^{-4} M Cu^{+2} ile 2×10^{-4} bg / L AA içerikli çözeltilerin pH 6' da, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile 45 Psi ve 60 Psi basınçlarda yapılan filtrasyonunun tutulma ve akıya etkileri Çizelge 4.9' da, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16' da gösterilmiştir. Basıncın artmasıyla akının da arttığı gözlenmiştir. Cu(II)' nin AA ile verdiği kompleksten dolayı çap büyümüş ve 60 Psi basınçta Cu(II) % 25 oranında tutulmuştur.

Çizelge 4.9 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	Basıncı (Psi)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	45	geçirmedi	-
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	60	328,41	25



Şekil 4.15 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)



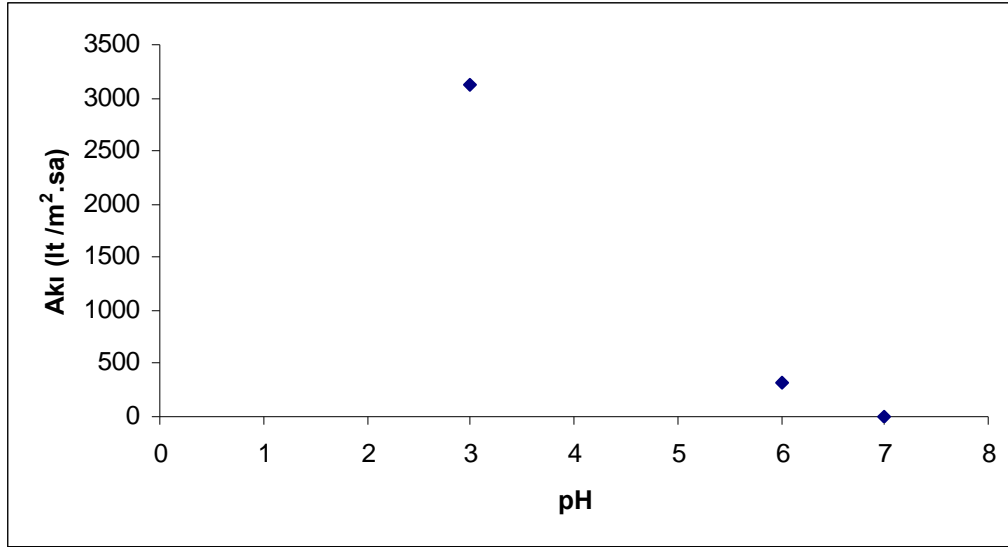
Şekil 4.16 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.5.2 pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

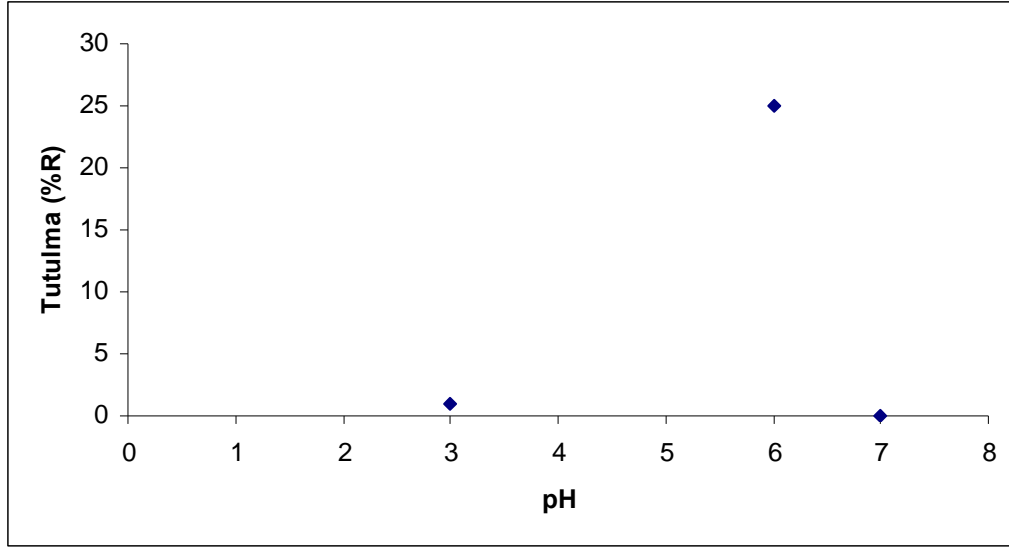
1×10^{-4} M Cu^{+2} ile 2×10^{-4} bg / L AA içerikli çözeltilerin 60 Psi basınçta, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile pH 3, pH 6 ve pH 7' de yapılan filtrasyonunun tutulmaya ve akıya etkileri Çizelge 4.10' da, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18' de gösterilmiştir. Cu(II)-AA çözeltisinin pH'ı 3' ten 6' ya arttırdığımızda akı düşmüş ve tutulma artmıştır. Burada pH artışıyla ortamdaki H^+ iyonları azalmakta ve AA' daki karboksil gruplarıyla Cu(II)' nin kompleks oluşturması artmakta ve dolayısıyla tutulma artmaktadır. pH 7' de ise membran yüzeyindeki kekleşmeden dolayı membranın tıkanıdığı görülmüştür.

Çizelge 4.10 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	pH	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	3,0	3132,84	1
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	6,0	328,41	25
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	7,0	geçirmedi	-



Şekil 4.17 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)



Şekil 4.18 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Cu(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın tutulmaya etkisi ($C_{Cu(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

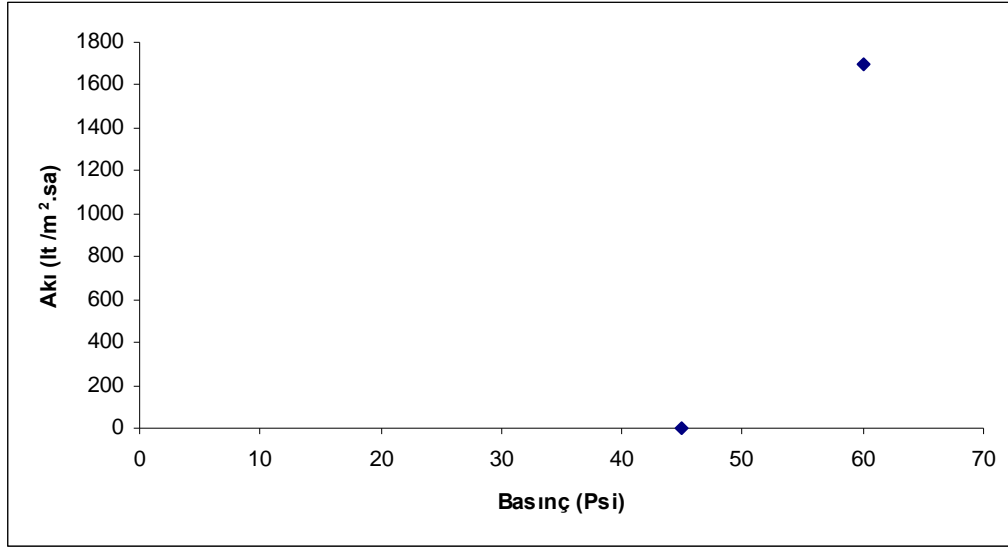
4.1.6 Çinko (II) Çözeltilerinin PVA Varlığında PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonu

4.1.6.1 Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

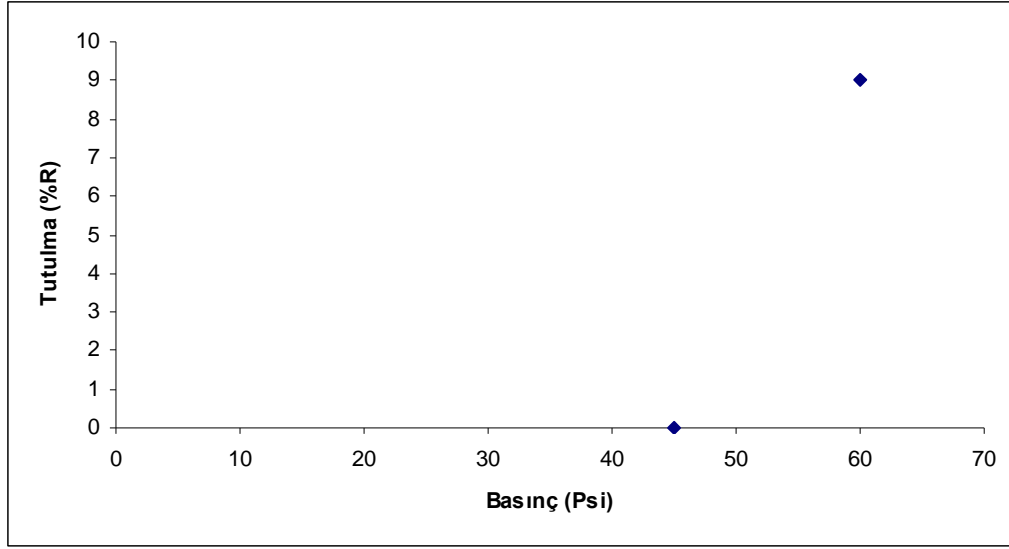
1×10^{-4} M Zn^{+2} ile 2×10^{-4} bg / L PVA içerikli çözeltilerin pH 6' da, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile 45 Psi ve 60 Psi basınçlarda yapılan filtrasyonunun tutulma ve akıya etkileri Çizelge 4.11' de ve Şekil 4.19 ve Şekil 4.20' de gösterilmiştir. Basıncın artmasıyla akının beklenen şekilde arttığı gözlenmiştir. 60 Psi basınçta Zn(II) tutulmuştur.

Çizelge 4.11 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	Basıncı (Psi)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	45	geçirmedi	-
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	60	1700,68	9



Şekil 4.19 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)



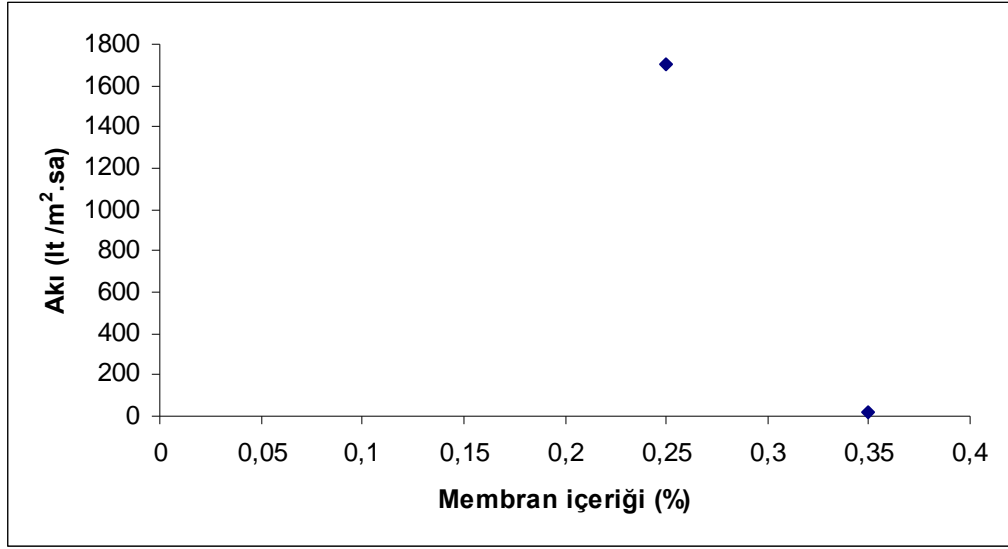
Şekil 4.20 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.6.2 Membran İçeriğinin Akıya ve Tutulmaya Etkisi

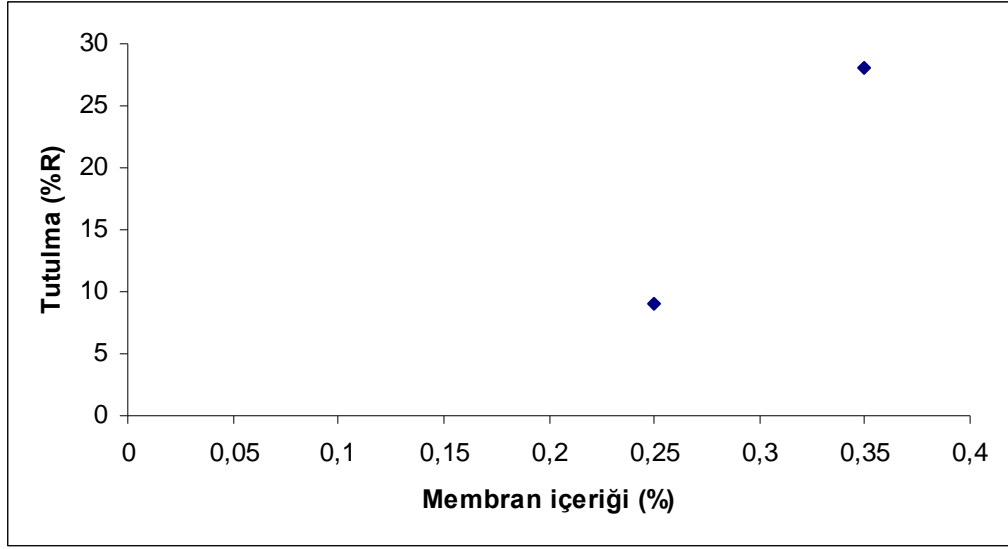
1×10^{-4} M Zn^{+2} çözeltisi % 0,25 PVA (m/v) / selüloz , % 0,35 PVA (m/v) / selüloz membranları kullanılarak 1,5 karıştırma hızında, pH 6' da ve 60 Psi basınçta filtre edilmiştir. Membrandaki PVA derişiminin tutulma ve akıya etkisi Çizelge 4.12' de, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22' de verilmiştir. Membranın PVA içeriğindeki artışla tutulma artmakta akı ise azalmaktadır. Çözeltideki PVA derişiminin artışıyla gözenekli filtrenin gözenekleri daha çok polimer ile kaplanır ve membranın gözenek boyutu azalır dolayısıyla akı azalır ve tutulma artar.

Çizelge 4.12 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda membran içeriğinin akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5, P = 60 Psi)

Membran	Membran içeriği (%)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma(%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	% 0,25 PVA (m/v)	1700,68	9
% 0,35 PVA (m/v) / selüloz	% 0,35 PVA (m/v)	17,88	28



Şekil 4.21 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda membran içeriğinin akıya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, pH = 6, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)



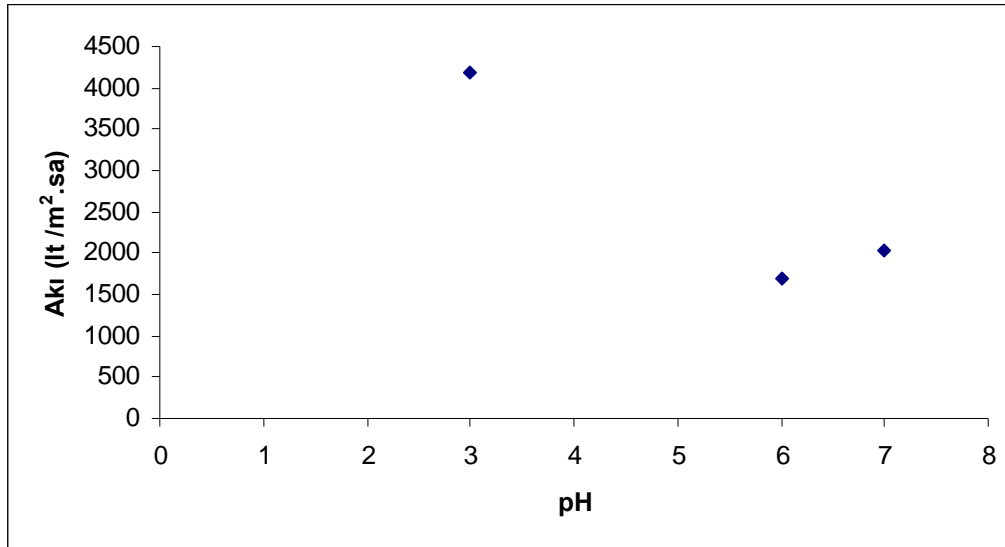
Şekil 4.22 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda membran içeriğinin tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.6.3 pH' ın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

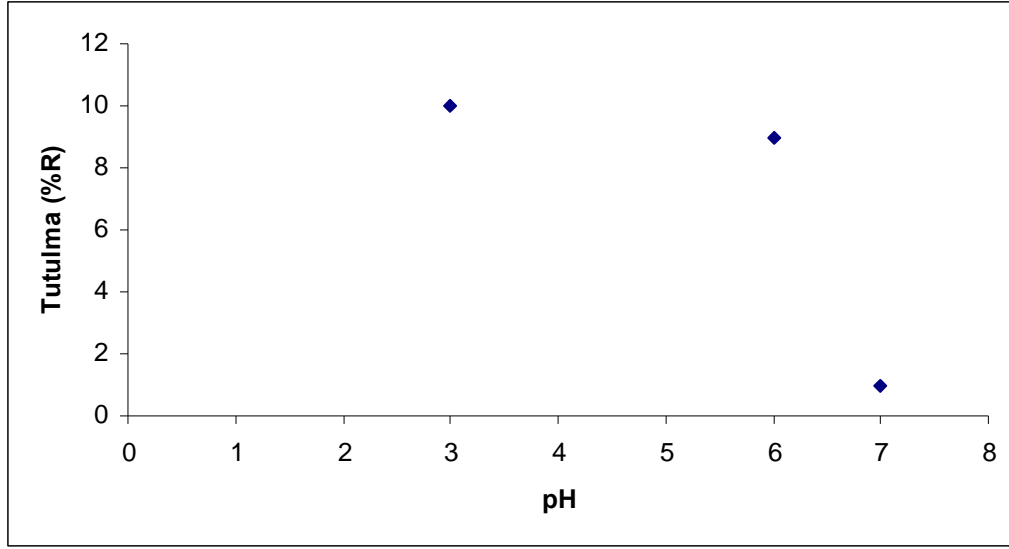
1×10^{-4} M Zn^{+2} ile 2×10^{-4} bg / L PVA içerikli çözeltilerin 60 Psi basınçta, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile pH 3, pH 6 ve pH 7' de yapılan filtrasyonunun tutulmaya ve akıya etkisi Çizelge 4.13'de, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24' de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Zn(II)-PVA çözeltisinin pH' ını 3' ten 6' ya arttırdığımızda akı düşmüş ve tutulma hemen hemen değişmemiştir. pH 7' de ise tutulma iyice azalmıştır. Bu durum pH 7' de Zn(II)' nin hidrolize uğradığını dolayısıyla PVA ile neredeyse hiç kompleks yapmadığını ve tutulmanın iyice azaldığını göstermektedir. Ayrıca pH 7' de kekleşmedeki artıştan dolayı akı düşmüştür.

Çizelge 4.13 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Zn(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	pH	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma(%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	3,0	4177,11	10
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	6,0	1700,68	9
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	7,0	2035	1



Şekil 4.23 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın akıya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P = 60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)



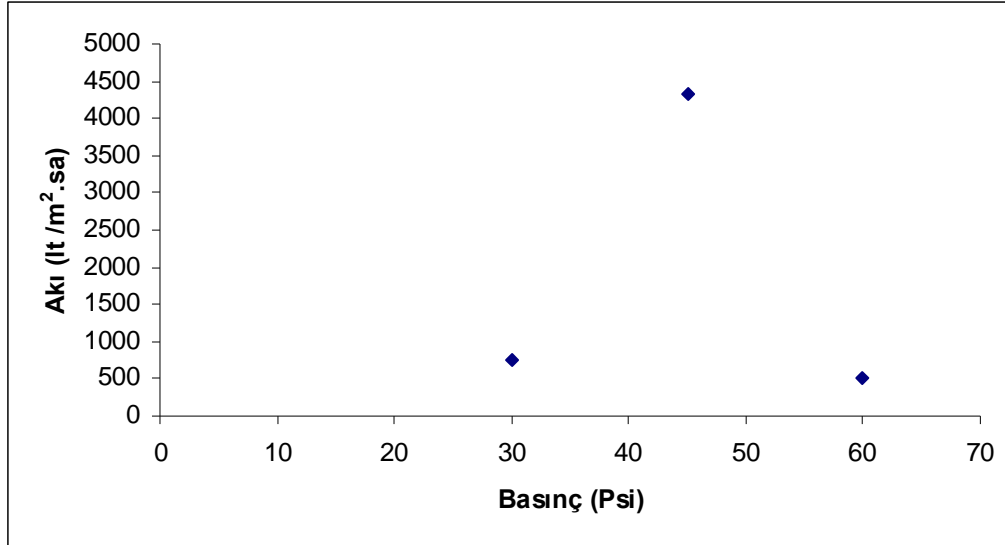
Şekil 4.24 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-PVA çözeltisinin filtrasyonunda pH' ın tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{PVA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, P=60 Psi, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.7 Çinko (II) Çözeltilerinin AA Varlığında PVA / Selüloz Membranları ile Filtrasyonunda Basıncın Akıya ve Tutulmaya Etkisi

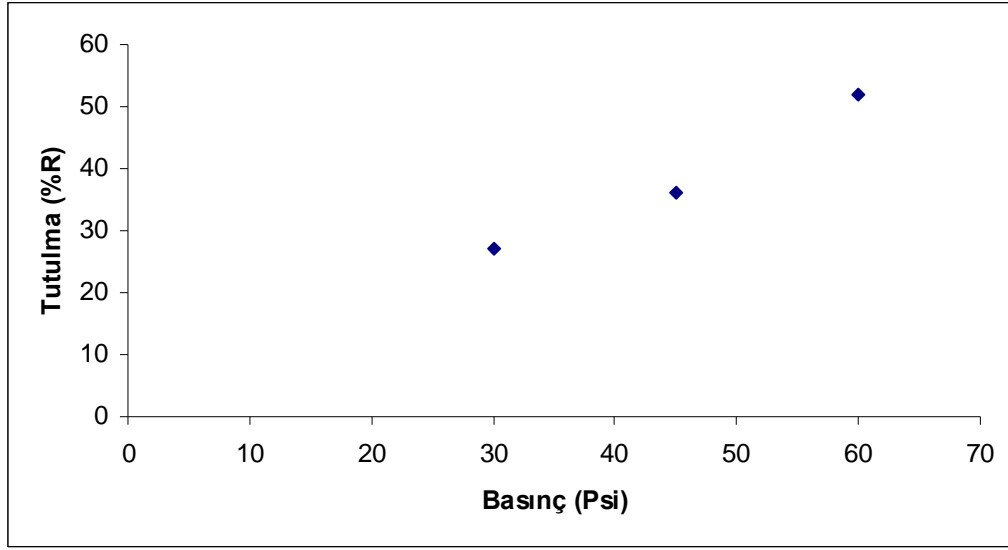
1×10^{-4} M Zn^{+2} ile 2×10^{-4} bg / L AA içerikli çözeltilerin pH 6' da, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile 30 Psi, 45 Psi, ve 60 Psi basınçlarda yapılan filtrasyonunun tutulma ve akıya etkisi Çizelge 4.14' te ve Şekil 4.25 ve Şekil 4.26' da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basınç 30 Psi' den 45 Psi' ye arttığında akı da artmıştır. Ancak basıncın 60 Psi' ye çıkartılması ile membran yüzeyindeki kekleşmeden dolayı akı düşmüştür. Akının en düşük olduğu 60 Psi' de tutulma beklenen şekilde en yüksek olmuştur.

Çizelge 4.14 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya ve tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)

Membran	Basıncı (Psi)	Akı (lt /m ² .sa)	Tutulma (%R)
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	30	746,38	27
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	45	4329	36
% 0,25 PVA (m/v) / selüloz	60	500,2	52



Şekil 4.25 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın akıya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log / L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)



Şekil 4.26 PVA / Selüloz Kompozit membranlar ile Zn(II)-AA çözeltisinin filtrasyonunda basıncın tutulmaya etkisi ($C_{Zn(II)} = 1 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA} = 2 \times 10^{-4}$ log/L, pH = 6, Karıştırma Hızı = 1,5)

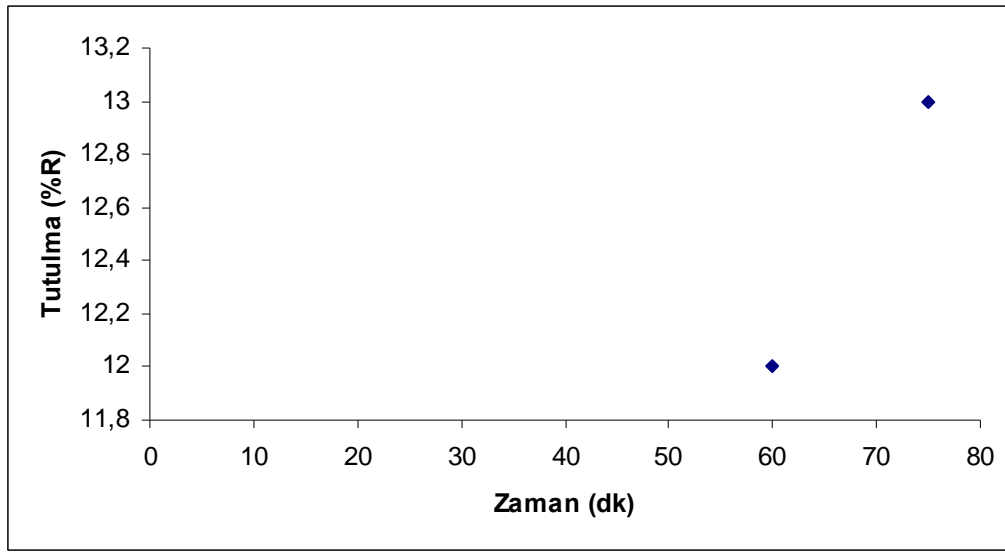
4.1.8 Demir(III) Çözeltilerinin PMMA co EA ile Adsorpsiyonu

4.1.8.1 Zamanın Tutulmaya Etkisi

50 ml 1×10^{-4} M Fe(III) çözeltisi, 0,1 g adsorplayıcı PMMA co EA kullanılarak 1,5 karıştırma hızında, pH 3' te bekletilmiştir. 60. ve 75. dakikalarda çözeltiden numune alınarak Fe(III) miktarı belirlenmiştir. Zamanın tutulmaya etkisinin sonuçları Çizelge 4.15' te ve Şekil 4.27' de verilmiştir. 60. ve 75. dakikalarda alınan numunelere göre tutulmada fazla bir artış olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.15 PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda zamanın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

Zaman (dk)	Tutulma (%R)
60	12
75	13



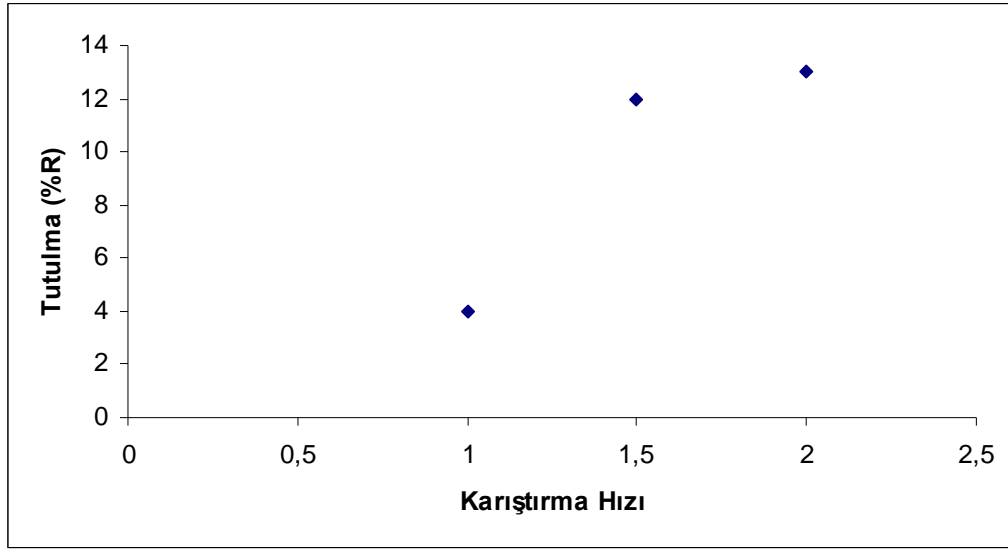
Şekil 4.27 PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda zamanın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

4.1.8.2 Karıştırma Hızının Tutulmaya Etkisi

50 ml 1×10^{-4} M Fe(III) çözeltisi 0,1 g PMMA co EA kullanılarak pH 3' te, 1, 1,5, 2 karıştırma hızında 60 dakika bekletilmiş ve çözeltilerden numune alınarak Fe(III) miktarı ölçülmüştür. Karıştırma hızının tutulmaya etkisinin sonuçları Çizelge 4.16' da ve Şekil 4.28' de verilmiştir. Karıştırma hızı arttıkça tutulmanın da arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.16 PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda karıştırma hızının tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Karıştırma Hızı = 1,5)

Karıştırma Hızı	Tutulma (%R)
1,0	4
1,5	12
2,0	13



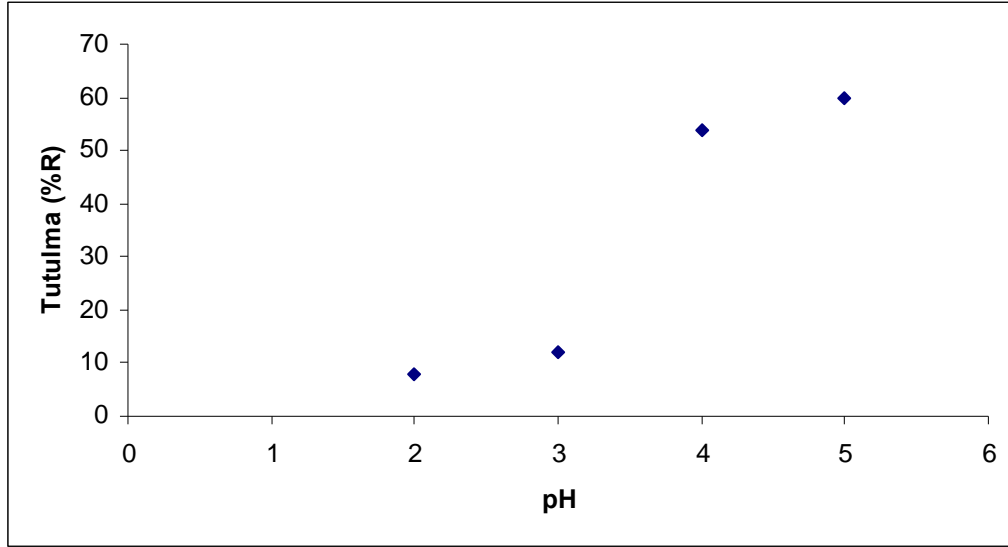
Şekil 4.28 PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda karıştırma hızının tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, pH = 3, Zaman = 60. dk)

4.1.8.3 pH' ın Tutulmaya Etkisi

50 ml 1×10^{-4} M Fe(III) çözeltisi 0,1 g PMMA co EA kullanılarak 1,5 karıştırma hızında, pH 2, 3, 4 ve 5' te 60 dakika bekletilerek çözülden numune alınmıştır. pH' ın tutulmaya etkisinin sonuçları Çizelge 4.17' de ve Şekil 4.29' da verilmiştir. pH arttıkça tutulmanın da önemli oranda arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17 PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda pH' ın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, Zaman = 60. dk, Karıştırma Hızı = 1,5)

pH	Tutulma (%R)
2,0	8
3,0	12
4,0	54
5,0	60



Şekil 4.29 PMMA co EA ile Fe(III) çözeltisi adsorpsiyonunda pH' ın tutulmaya etkisi ($C_{Fe(III)} = 1 \times 10^{-4}$ M, Zaman = 60. dk, Karıştırma Hızı = 1,5)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

1. Bu çalışmada ilk önce 60 Psi basınçta filtrasyon sisteminde çalışabilecek sağlamlıkta ve saf suyu geçirebilen gözenekli membranların yapılması araştırıldı. Sonuçta % 0,25 PVA (m/v) / selüloz , % 0,35 PVA (m/v) / selüloz ve % 0,50 PVA (m/v) / selüloz kompozit membranlar yapılarak filtrasyon sistemi için uygun olduğu tespit edildi.

2. Fe(III) iyonlarının sulu çözeltilerden filtrasyon tekniği ile ayrılması polivinil alkol / selüloz kompozit membranlar kullanılarak araştırılmıştır. Fe(III) iyonu için filtrasyon basıncı, karıştırma hızı, membranın içeriğinin tutulma ve akı üzerine etkileri incelenmiştir. Fe(III) iyonlarının filtrasyonu sırasında akının çok yüksek olduğu ve tutulmanın gözlenmediği görülmüştür.

İyon çapını büyütme amacıyla Fe(III) iyonları içeren çözeltilere PVA ve AA eklenerek filtrasyon işlemi yapılmıştır. En iyi Fe(III) tutulması yeterince yüksek akıda 67,26 Lt /m².sa' te, AA varlığında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz kullanarak, 1,5 karıştırma hızında, pH 3' te ve 60 Psi basınçta % 82 olarak bulunmuştur.

3. Cu(II) iyonlarının, kompleksleştirici olarak PVA ve AA içeren sulu çözeltilerden filtrasyon tekniği ile ayrılması araştırılmıştır. En iyi Cu(II) tutulması PVA varlığında, 60 Psi basınçta, 1,5 karıştırma hızında, % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile pH 7' de % 44 olduğu bulunmuştur.

4. Zn(II) iyonlarının, kompleksleştirici olarak PVA ve AA içeren sulu çözeltilerden filtrasyon tekniği ile ayrılması araştırılmıştır. Kompleksleştirici olarak AA kullanıldığında en iyi tutulmanın % 0,25 PVA (m/v) / selüloz membran ile 60 Psi basınçta, 1,5 karıştırma hızında ve pH 6' da % 52 olduğu bulunmuştur.

5. Son olarak Fe(III) iyonları içeren çözeltiden Fe(III) iyonlarının, PMMA co EA tarafından adsorplanması incelenmiştir. Zamanın, karıştırma hızının, pH' ın adsorplanma üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçta karıştırma hızı arttıkça ve pH arttıkça adsorplanmanın daha çok olduğu yani tutulmanın arttığı gözlenmiştir. 60. ve 75. dk'

larda yapılan çalışmalarda tutulmada pek bir değişim gözlenmemesi nedeniyle zaman kazanmak açısından deneyler 60 dk' da gerçekleştirilmiştir. En iyi tutulma 60.dk' da, pH 5' te, 2 karıştırma hızında gözlendiği ve % 60 olduğu bulunmuştur.

Bu alışmalar metal tutulmasını sağlayan ve belirlenen parametre değerlerinde hassas çalışıldığı takdirde uygulanabilir olan bir çalışmadır. Bu membranlar, ağır metallerin sulu zeltiilerden uzaklaştırılmasında kullanıldığı gibi, diğer büyük moleküllü maddelerin sulu ortamlardan uzaklaştırılmasında da kullanılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Baker, R.W., 2004, "Membrane Technology and Applications", Second Edition, John Wiley Sons, Ltd., England.
- Beerlage, M.A.M., 1994, "Polyimide Ultrafiltration Membranes for Nonaqueous Systems", D Thesis, Chapter1, 1-19.
- Beerlage, M.A.M., Mulder, M.H.V., Smolders, C.A., Strathman, H., 1989, " Membrane Separation Technology".
- Bigersson, B., Sterner, Zimerson, O., Chemieund Gesundheit, E., 1988, "Eineverst 2ndliche Einfuhrungindie Toxikologie", VCH Verlagsgesel schaft, ISBN 3-527-26455-8.
- Borchardt, J.K., 2003, "Nanotechnology Providing New Composites", Reinforced Plastics, 36-39, November.
- Brown, S.S., Savory, J., 1983, "Chemical Toxicology and Clinical Chemistry of Metals", AcadmicPress, 206-208, London.
- Büyükerkek, T., 2004, "Sudaki Kromun Membarmlar Kullanılarak Uzaklaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Konya Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Can, M., vd., 2002, "Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Teknik ve Ekonomik Analizi", Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt7, Sayı 1.
- Cardew, P.T., Le, M.S., 1998, "MembraneProcesses: A Technology Guide", Athenacum Pres Ltd., Chapters 1-5, England.

- Cassano, A., Figoli, A., Tagarelli, A., Sindona, G., Drioli, E., 2006, "Integrated Membrane Proces for the Production of Highly Nutritional Kiwifruit Juice", *Desalination*, 189, 21-30.
- Cheremisinoff, N.P., 2002, "Handbook of Water and Waste Water Treatment Technologies", Butterworth-Heinemann,USA.
- Çakmak, M.E., 2003, "Adsorpsiyon Teorisi".
- Degreve, J., Everaert, K., Baeyens, J., 2001, "The Use of Gas Membranes for VOC - air, Separations", *Filtration & Separation*, 38,4,48-54.
- Eckenfelder, W.W., Jr., 1989, "Industrial Water Pollution Control", Mc Graw Hill International Editions.
- Eren, B., 2006, "Yapay Sınır Ağları ile Membran Proses Verimine Etki Eden Parametrelerin Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fergusson, J.E., 1991, "The Heavy Elements", Pergamon Press, 533-551, Tokyo.
- Fried, J.R., 2003, "Polymer Science and Technology", Prentice Hall PTR, Second Edition, 485-525.
- Gadd, G.M. and Griffiths, A., 1978, "Microorganisms and heavy metal toxicity, *Microb. Ecol*". 4:303-317 p.
- Geneva, 1996, "Trace Elements In Human Nutrition and Health", World Health Organization.
- Habashi, 5.F., 1997, "Handbook of Extractive Metallurgy", Vol 2, WILEYVCH, Germany.

- Hasar, H., 2001, “Batık Membran Aktif Çamur Sistemlerinin Arıtma Kapasitesinin Geliştirilmesi Ve Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hatay İ., 2006, “Bazı Organik Maddelerin İnorganik Destekler Üzerine İmmobilizasyonu Ve Adsorban Olarak Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hilmioğlu, D., N., 2004, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü.
- Jesus, G.A., 2002, “Mathematical Modelling of The Pressure-Driven Performance of McMaster Pore Filled Membranes”, Thesis of Doctorate, Hamilton, Canada.
- John, Duffus, H., Howard, Worth G.J., 1996, “Fundamental toxicology for chemists”, Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry Information Services.
- Judd, S. And Jefferson, B., 2003, “Membranes for Industrial Wastewater Recovery and Reuse” Elsevier, UK, 14-74.
- Kaleli, B., 2006, “Atık Suların İleri Arıtımında Membran Proseslerinin Kullanımının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koyuncu, İ., 2001, “Nanofiltrasyon Membranları ile Tuz Gideriminde Organik İyon Etkisi”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mulder, M., 1996, “Basic Principles of Membrane Technology”, Kluwe Academic Publisher, Netherlands.
- Pandey, P., Chauhan, R.S., 2001, “Membranes for Gas Separation”, Prog. Polym. Sci., 26, 853-893.

- Paul, D., Sikdar, S.K., 1998, "Clean Production with Membrane Technology", *Clean Products and Processes*, 1, 39–48.
- Richardson, J.F., Harker, J.H., Backhurst, J.R., 2002, "Coulson and Richardson's Chemical Engineering", Volume 2, Fifth edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 437- 474.
- Salt, Y., Dinçer, S., 2006, "An Option For Special Separation Operations: Membrane Processes, *Journal of Engineering and Natural Sciences*", *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Derleme Makalesi, İstanbul.
- Sarıkaya, Y., 1977, "Kuram ve Uygulamalarıyla Fizikokimya I", Ankara.
- Sarıkaya, Y., 2000, "Fizikokimya", Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Ankara.
- Sawyer, C.N. Ve Mc Carty, P., L., 1978, "Chemistry For Environmental Engineering", 3rd Ed., Mc Graw Hill Inc., Singapore, 519.
- Shah, D., Bhattacharyya, D., Ghorpade, A., Mangum, W., 1999, " Pervaporation of Pharmaceutical Waste Streams and Synthetic Mixtures Using Waterselective Membranes" ,*Environmental Progress*, 18, 1, 21-29.
- Singh, R., 1998, "Industrial Membrane Separation Processes", *Chemtech*, 4, 33-44.
- Smitha, B., Suhanya, D., Sridhar, S., Ramakrishna, M., 2004, "Separation of Organic-Organic Mixtures by Pervaporation – A Review", *Journal of Membrane Science*, 241,1–21.
- Stephenson, T., Simon, J., Jefferson, B., Brindle, K., 2000, "Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment", IWA Publishing, London, England.

Ting, YP., Lawson, F. And Prince, LG., 1991, "Uptake of cadmium and zinc by the alga *Chlorellavulgaris*:II Multi-ion stiation", *Biotechnol. Bioeng.* 37:445-455p.

Tong X-D, Dong X-Y, 2002, Sun, Y., *Biochem Eng.*

Wehiua, P., 2003, "Study on The Effect of Multiple Factors on RO and NF Membranes' Performance and Rejection Efficiency", Thesis of Doctorate.

Wong, P.K. and Kwok, S.c., 1992, "Accumulation of nickel ion (Ni+2) by immobilized cells of Enter obacter species", *Biotechnol Lett.* 14:7,629-634 p.

Xu, T., 2005, "Ion Exchange Membranes: State of Their Development and Perpective", *Journal of Membrane Science*, 263, 1-29.

İnternet Kaynakları

1-<http://www.angelfire.com/ab/soycan/umemb.html>, 26.06.2007

2-<http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20Forms>
22.05.2006

3-<http://www.ceyka.com.tr/trk/sut.aspx>, 20.06.2006

4-<http://www.etd.lib.metu.edu.tr/upload/1262963/idex.Pdf>, 21.06.2007

5-<http://www.danabeyin.ifreepages.com/lab1/gozde/doc>, 06.06.2007

6-http://www.istanbul.edu.tr/fen/mbg/ders_notlari/ercan_a/MBKY_2006-2007/pdf,
22.06.2007

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Ayten KAYA
Doğum Yeri	Söğüt
Doğum Tarihi	10.05.1983
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	Söğüt Anadolu Lisesi (1998-2001)
Lisans	Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Kimya Bölümü (2001-2005)
Yüksek Lisans	Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fizikokimya Bölümü (2005-2007)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı

2003, 2004 (3ay Staj)	Duraner Kimya A.Ş., Bursa
2006, 2007	Açı Dershaneleri, Afyonkarahisar

KATILDIĞI KONGRELER

1. “ (Polivinil alkol/ Selüloz) Kompozit Membranlarla Fe (III) ve Cu (II) İyonlarının Sulu Çözeltilerden Ayrılması” 21. Ulusal Kimya Kongresi- Malatya 23.08.2007
2. “ Aljinik Asit ve Polivinil Alkol Varlığında Zn(II) İyonlarının Sulu Ortamdan Kompozit Membranlarla Ayrılması” 21. Ulusal Kimya Kongresi- Malatya 23.08.2007