



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PEYNİRALTI SUYUNUN İŞLENMESİNDE
MEMBRAN FİLTASYON YÖNTEMLERİNİN
UYGULANMASI**

İrem ÖZDEMİR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 27.11.2018

Bornova-İZMİR

2018

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**PEYNİRALTI SUYUNUN İŞLENMESİNDE
MEMBRAN FİLTASYON YÖNTEMLERİNİN
UYGULANMASI**

İrem ÖZDEMİR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 27 Kasım 2018

Bornova-İZMİR

2018

Sayın İrem ÖZDEMİR tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan "Peynirati Suyunun İşlenmesinde Membran Filtrasyon Yöntemlerinin Uygulanması" başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 27.11.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

Raportör Üye : Prof. Dr. Nalan KABAY

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Vasfiye Hazal ÖZYURT

imza
.....
Nalan Kabay
.....
V. Özyurt



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “**Peyniraltı Suyunun İşlenmesinde Membran Filtrasyon Yöntemlerinin Uygulanması**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

27 / 11 / 2018



İrem Özdemir

ÖZET**PEYNİRALTI SUYUNUN İŞLENMESİNDE MEMBRAN
FİLTREASYON YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI****ÖZDEMİR, İrem**

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

27 Kasım 2018, 117 sayfa

Peyniraltı suyu süt teknolojisinin önemli bir yan ürünüdür. Peynir üretim endüstrilerinin yan ürünü olan peyniraltı suyu, BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) ve KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) değerlerinin yüksek olması nedeniyle çevre kirleticisi olarak düşünülmektedir. Peyniraltı suyunun yüksek organik yükü, artık süt besinlerinin varlığından kaynaklanmaktadır. Sütten türetilen ürünlere olan talebin artması, ciddi bir atık yönetimi sorunu olan peyniraltı suyu üretiminde artışına neden olmuştur. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için, çeşitli teknolojik yaklaşımlar uygulanarak peyniraltı suyu katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebilmektedir. Peyniraltı suyunun işlenmesi için membran teknolojisi kullanılarak, peyniraltı suyunun demineralize edilmesi, konsantre hale getirilmesi ve peyniraltı suyunun verimli bir şekilde fraksiyonlarına ayrılması ve böylelikle atık yan ürünün değerli ürünler haline getirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, peyniraltı suyunun fraksiyonlanmasında ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (TO)'ya dayalı bütünleşik membran işleminin uygulanabilirliği araştırılmış ve ek olarak elektrodializ(ED) çalışması yapılarak ilerdeki çalışmalara destek olması amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar, laboratuvar ölçekli bir membran test sistemi (SEPA CF II GE-Osmonics) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konsantre ve süzüntü örneklerinin pH, sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik ve toplam çözünmüş katı (TÇK)'sı, Hach Lange-HQD çoklu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Örneklerin protein içeriği, Kjeldahl-N ölçümü ile, laktoz derişimi ise HPLC yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, UF membranının süzüntüsü NF-90 membranından geçirildiğinde iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi %90'lara kadar ulaşırken, NF-270 membranında %40'larda giderim sağlanmıştır. Bütünleşik UF-NF-90 ve UF-NF-270 çalışmalarında, proteinin zenginleşme oranı %26-28, protein giderimi ise %69-74 civarındayken, laktozun zenginleşme oranı sırasıyla %28 ve %11, laktoz giderimi ise sırasıyla %99 ve %97 düzeyinde olmuştur. Son aşamada, NF-270

konsantre bileşeni, BW30-RO membranı ile muamele edildiğinde laktozun zenginleşme oranı %11'lerden %19-20 düzeyine, laktoz giderimi ise %99 düzeyine kadar ulaşmıştır. Bu sonuçlar, bütünleşik bir biçimde ardışık olarak kullanılan membran işlemlerinin peyniraltı suyunun fraksiyonlarına ayrılmasında daha etkin sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: bütünleşik membran işlemi, peyniraltı suyu, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon, ters osmoz



ABSTRACT**APPLICATION OF MEMBRANE FILTRATION METHODS IN
CHEESE WHEY PROCESSING**

OZDEMIR, Irem

MSC Thesis, Department of Food Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Semih OTLES

November 27, 2018, 117 pages

Whey is an important by-product of milk technology. The byproduct of cheese-producing industries, cheese whey, is considered as an environmental pollutant due to its high biological oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) values. The high organic load of whey arises from the presence of residual milk nutrients. As demand for milk-derived products is increasing, it leads to increased production of whey, which has a serious waste management problem. To overcome this problem, various technological approaches have been employed to convert cheese whey into value-added products. Using membrane technology to whey processing, it became possible to demineralize, concentrate, and fractionate cheese whey in an efficient way and thus convert the waste by-product into highly valuable products. In this study, the potential of an integrated membrane process based on ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF) and reverse osmosis (RO) was investigated for fractionation of cheese whey components and in addition to electrodialysis (ED) study, it is aimed to support future studies. Experimental studies were performed using a laboratory scale membrane test system (SEPA CF II GE-Osmonics). The pH, temperature, salinity, conductivity, and total dissolved solids (TDS) of the concentrate and permeate samples were measured by Hach Lange-HQD multi-meter. The protein contents of the samples were determined by Kjeldahl-N measurement and the lactose concentration with HPLC method. According to the results obtained, when the permeate of the UF membrane was passed through the NF-90 membrane, the conductivity, total dissolved solids (TDS) and salinity removal reached up to 90%, while the NF-270 membrane was removed at 40%. In the integrated UF-NF-90 and UF-NF-270 studies, the enrichment rate of protein was 26-28%, protein rejections were 69-74%, respectively, while the enrichment rate of lactose was 28% and 11%, lactose rejections were 99% and 97% respectively. Lastly, when the NF-270 concentrate composition was treated with the BW30-RO membrane, the enrichment rate of

lactose reached up to 19-20% from 11% and lactose rejection was reached up to 99%. This shows us that the integrated membrane processes are more effective than the single membrane process in separating the fractions of the whey.

Key words: cheese whey, integrated membrane process, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis.



TEŞEKKÜR

Bu çalışma, finansal olarak yürütücülüğünü Prof. Dr. Nalan Kabay'ın yaptığı TUBITAK-Ukrayna ikili projesi (Proje No: 114M551) tarafından desteklenmiştir. Proje kapsamında sağlanan burs için TUBITAK'a ayrıca teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans tezimin her aşamasında bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ'e, çalışmalarımın başından beri bana yardımcı olan Prof. Dr. Mithat YÜKSEL'e, tezimin gerekli incelemelerini yaparak bana yol gösterici olan Prof. Dr. Müşerref ARDA'ya ve proje yürütücüsü Prof. Dr. Nalan KABAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca proje kapsamında Ukrayna Bilimler Akademisi(NASU) Genel ve İnorganik Kimya Vernadskii Enstitüsü'nde deneysel çalışmaları yürütmek amacıyla bulunulmuştur. Burada bana yardımlarını esirgemeyen, başta hocam Dr. Yu.S. Dzyazko'ya ve onun ekibine çok teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım süresince yardımları ile bana destek veren Dr. Dilek Selvi GÖKKAYA, Ar. Gör. Canan KARTAL çok teşekkür ederim. Tez jürisinde bulunan Dr. Öğr. Üyesi Vasfiye Hazal ÖZYURT'a değerli önerileri için çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında kullandığım peyniraltı suyu tozu örneğini sağlayan ve sonrasında beni tesislerinde ağırlayıp daha iyi bilgi sahibi olmamı sağlayan Malkara Birlik Süt ve Süt Mamülleri A.Ş (Maybi) firmasına desteklerinden ötürü çok teşekkür ederim. Ayrıca Kimya Mühendisliği Bölümü Araştırma laboratuvarındaki desteklerinden dolayı laboratuvar arkadaşlarım Esra ALTIOK, Samuel BUNANİ ve Yakubu A.Jarma' ya çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım süresince en yakınımda olup, her anlamda yardımcı olan canım dostum Gizem Ezgi DÜZDEMİR'e ve tüm hayatımda bana gösterdiği ilgi, sevgi ve hoşgörüden dolayı çalışmalarımı başarılı bir şekilde bitirmemi sağlayan Murat ARSLAN'a şükranlarımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca maddi manevi destekleri ile bana güç veren, sevgi ve yardımlarını benden esirgemeyen canım ailem Ayşe ÖZDEMİR, Hamit ÖZDEMİR ve Büşra ÖZDEMİR'e çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xviii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxvii
1.GİRİŞ	1
1.1.Peyniraltı Suyunun Eldesi	2
1.2.PAS'ın Bileşimi ve Çeşitleri	5
1.3.Peyniraltı Suyunun Önemi	7
1.4.PAS'ın Değerlendirilmesi ve Kullanım Alanları	8
1.4.1. Gıda endüstrisinde kullanımı	10
1.4.2. Yem endüstrisinde kullanımı	10
1.4.3. Kozmetik endüstrisinde kullanımı	11
1.4.4. Tıpta kullanımı	11
1.5. PAS'ın İşlenmesinde Kullanılan Yöntemler	12

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

1.6. PAS'dan Elde Edilen Temel Ürünler	14
1.6.1. PAS tozu	14
1.6.2. PAS protein ürünleri	16
1.7. PAS'dan Üretilen Yenilikçi Ürünler	21
1.7.1. PAS içecekleri	21
1.7.2. Laktik asit.....	22
1.7.3. Etil alkol.....	22
1.7.4. Tek hücre proteini	23
1.7.5. Biyogaz	23
1.7.6. Starter Kültürler	24
1.8. PAS'nun Membran Filtrasyon Yöntemleriyle İşlenmesi	24
1.8.1. Mikrofiltrasyon (MF)	24
1.8.2. Ultrafiltrasyon (UF)	25
1.8.3. Nanofiltrasyon (NF)	25
1.8.4. Ters osmoz (RO)	25
1.8.5. İyon Değişirme (ID)	26

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
1.8.6. Elektrodializ (ED).....	26
1.9.Dünyada ve Ülkemizde PAS'nun Değerlendirilmesi	26
2.DENEYSEL	29
2.1. Materyal	29
2.1.1. PAS tozunun özellikleri ve çözeltinin hazırlanması	29
2.1.2. Membranlar	30
2.1.3. Kimyasallar	31
2.2. Ekipman	32
2.2.1.Çapraz akışlı membran test sistemi (SEPA).....	32
2.2.2.Elektrodializ test sistemi (ED).....	39
2.2.3.Ölçüm ekipmanları	40
2.3.Analitik Yöntemler	42
2.3.1. AAS analizi	42
2.3.2. HPLC analizi	42
2.3.3. Kjelhahl metodu ile protein analizi	42
3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA	44

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1. Tek Aşamalı Membran Testleri	44
3.1.1. NF membranları ile yapılan testler	44
3.1.2. UF membranları ile yapılan testler	49
3.1.3. RO membranları ile yapılan testler	60
3.2. Bütünleşik Membran Denemesi	64
3.2.1. UF + NF membran denemeleri	64
3.2.2. Bütünleşik UF + NF + RO membran denemeleri	73
3.2.3. Bütünleşik UF + ED denemesi	79
4. SONUÇ	84
5. KAYNAKLAR DİZİNİ	87
ÖZGEÇMİŞ	91
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Genel peynir üretim akım şeması ve PAS'nun açığa çıkması	3
1.2 Sütten asit ve rennet kazein pıhtısının elde edilmesi sürecinde PAS'nun açığa çıkması	4
1.3 Peynir üretiminde süt bileşenlerinin dağılımı	5
1.4 Sütçülük ingredientleri üretim akım şeması- PAS geri kazanım prosesleri	9
1.5 Peyniraltı suyu işleme alternatifleri	13
1.6 Peyniraltı suyu tozu üretim akım şeması	15
1.7 WPC üretim akım şeması	18
1.8 Laktoz üretim akım şeması	20
2.1 Çapraz akış düz tabaka membran test ünitesi	32
2.2 Hücre alt gövdesi a) o-halkalar ve işaret direği, b) membran, c) besleme ayırıcısı.	34
2.3 Konsantre vanası ve konsantre manometresi	34
2.4 Hücre üst gövdesi ve süzöntü taşıyıcısı	35
2.5 Hücre tutucu	35
2.6 Hücre tutucu ve hidrolik el pompası	36
2.7 Besleme tankı	38

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.8 Yüksek basınç pompası.....	38
2.9 Kontrol paneli (a) ve frekans ayarlama (b) sistemi.....	39
2.10 Taşınabilir Hach Lange-HQD iletkenlik ölçer.....	40
2.11 Shimadzu AA-7000 Model atomik absorpsiyon spektrofotometresi.....	41
2.12 Agilent Model Yüksek Performanslı Sıvı Komatografisi.....	41
2.13 Gerhardt Kjeldahl Azot- Protein Tayin Cihazı	42
3.1 NF-90 membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme	44
3.2 NF-270 membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme	45
3.3 NF membranları ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri	46
3.4 NF membranları ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.....	46
3.5 NF membranları ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.	47
3.6 NF membranları ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi	47

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.7 NF-90 ve NF-270 membranları ile peyniraltı suyundan Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} iyonlarının giderimi.	48
3.8 PW-UF membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantrenin zamanla artan basınç (4,6,8 ve 10 bar) koşullarında a) pH b) iletkenlik c)TÇK d) tuzluluk değerleri	50
3.9 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının süzüntü akısı değerleri. .	51
3.10 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının iletkenlik giderimi. ...	511
3.11 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının TÇK giderimi.....	52
3.12 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının tuzluluk giderimi.	52
3.13 UF-PW membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre bileşenlerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerleri.....	54
3.14 PW-UF membranının süzüntü akısının zamana karşı değişimi (P: 8 Bar)....	54
3.15 PW-UF membranı ile iletkenlik giderimi	55
3.16 PW-UF membranı ile TÇK giderimi	55
3.17 PW-UF membranının tuzluluk giderimi.	56
3.18 JW-UF membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK d) tuzluluk değişim değerleri.....	57
3.19 JW-UF membranının süzüntü akısının zamanla değişimi	57

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.20 JW-UF membranı ile zamana karşı iletkenlik giderimi.	58
3.21 JW-UF membranının TÇK giderimi.	59
3.22 JW-UF membranı ile tuzluluk giderimi.	59
3.23 RO-XLE membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme.....	60
3.24 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri	61
3.25 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.....	61
3.26 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.....	62
3.27 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.....	62
3.28 Bütünleşik UF+NF çalışmasında peyniraltı suyunun bileşenlerine ayrılması.....	63
3.29 JW-UF membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri.	64
3.30 NF-90 membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme.....	65
3.31 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri	65
3.32 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.	66
3.33 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.	66

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.34 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.	67
3.35 JW-UF membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri.....	69
3.36 NF-270 membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme	69
3.37 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri	69
3.38 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.....	70
3.39 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.....	70
3.40 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.....	71
3.41 UF+NF+RO membran deneme sonrası peyniraltı suyu bileşenlerinin ayrımı.....	72
3.42 JW-UF(a) ve GM-UF(b) membranları ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri.....	73
3.43 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri	74
3.44 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.....	74
3.45 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.....	75
3.46 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.....	75
3.47 UF+ED membran deneme sonrası peyniraltı suyu bileşenlerinin ayrımı.....	79

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.48 ED ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.	78
3.49 ED ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.	79
3.50 ED ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.	79
3.51 ED işlemi sonrasında peyniraltı suyunda (a) Na ⁺ , (b) K ⁺ , (c) Mg ⁺² ve (d) Ca ⁺² giderimleri.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Konsantre etme ve kurutma işlemlerinden önce peyniraltı suyu ve peyniraltı suyundan üretilen protein ürünlerinin yaklaşık bileşimi (%)	17
1.2 Bazı PAS protein konsantresi ve izolatu ürünlerinin ortalama bileşimleri	19
1.3 Türkiye’de Peynir Üretimi	27
1.4 Türkiye’de Peyniraltı Suyu Tozu ve Laktoz Üretimi	27
2.1 Peyniraltı suyu toz örneklerinin bileşimi.....	29
2.2 Tatlı peyniraltı (PST1) suyundaki protein içeriği.....	29
2.3 NF membranlarının özellikleri	30
2.4 UF membranlarının özellikleri	30
2.5 RO membranlarının özellikleri	31
2.6 ED çalışmasında kullanılan iyon değiştirici membranların özellikleri	31
2.7 Membran test ünitesi çalışma parametreleri.	36
2.8 Test ünitesinin malzemeleri.....	37
2.9 Düz tabaka membran test ünitesi bölümlerinin boyutları ve ağırlıkları.	37
2.10 Üst sıcaklık limitleri.	37
3.1 NF-90 ve NF-270 membranlarının konsantre bileşenlerindeki protein miktarları.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.2 UF-PW membranının konsantre kısmında protein miktarı.....	53
3.3 JW-UF membran denemesi sonucu protein ve yağ içeriği	60
3.4 JW-UF membran denemesi sonucu laktoz içeriği	59
3.5 XLE-RO membran denemesi sonucu protein içeriği.....	63
3.6 UF-JW membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri	68
3.7 NF-90 membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz.....	69
3.8 UF-JW membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri	73
3.9 NF-270 membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü.....	73
3.10 NF-270 membranında besleme, süzüntü ve konsantrenin ortalama pH, TÇK, iletkenlik ve tuzluluk değerleri	73
3.11 UF membranları için peyniraltı suyunun besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri	78
3.12 NF-270 membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz içerikleri.....	78
3.13 BW30-RO membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz içerikleri.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.14 ED çalışması ile elde edilen süzüntü ve konsantrenin ortalama pH, TÇK, iletkenlik ve tuzluluk değerleri	80
3.15 UF membranları için peyniraltı suyunun besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri.....	79
3.16 ED işleminde, besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri.....	80
3.17 ED işleminde, besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz içerikleri.....	80
3.18 ED işlemi sonlandırıldığında, süzüntü ve konsantre akımlarındaki (mg/L) cinsinden iyon değişimleri	81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
P	Basınç (bar)
ED	Elektrodiyaliz
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
MWCO	Molecular weight cut-off (Molekül ağırlığı ayırma sınırı)
MF	Mikrofiltrasyon
NF	Nanofiltrasyon
psu	Pratik tuzluluk birimi
RO	Ters Ozmos
SDI	Çamur yoğunluk indeksi
TÇK	Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)
TOK	Toplam Organik Karbon (mg/L)
UF	Ultrafiltrasyon

1. GİRİŞ

Peyniraltı suyunun, 3000 yıl önce sütün depolanması ve taşınması için buzağı midesinin kullanımı esnasında keşfedildiği düşünülmektedir. Buzağı midesinde doğal olarak bulunan kimozin (rennet) enzimi ile sütün depolama veya taşıma esnasında pıhtılaşarak peynir ve peyniraltı suyu (PAS) oluşumu gözlenmiştir (Smithers, 2008). 17. ve 18. yüzyıllarda tedavi amaçlı kullanılmıştır. 1749 yılında İsviçre Zürih'te, tedavisinin mümkün olmadığı bir hasta, Gais'teki dağ evine seyahat etmiş ve her gün PAS'u içerek hastalığını iyileştirmeyi başarmıştır. Bu hastanın PAS'nun tedavici özelliğini, antik Yunan doktorları tarafından 'tedavi edici su' olarak bilindiğini öğrendiğinden mi geldiği yoksa o bölgedeki köylülerin önerisiyle mi kullandığı bilinmemektedir. Ancak doktorun teşhisine rağmen hayatta kalan bu hastanın haberlerinin kısa süre içinde yayılması, PAS'nun mucizevi iyileştirici özelliğinden yararlanmak için birçok hastanın Gais'e gelmesine yol açmıştır. Bu küçük köyde kısa süre içinde bir sağlık merkezi açılmış ve bunu takiben İsviçre, Avusturya ve Almanya'da 160'ın üzerinde sağlık merkezi açılmıştır. Bu merkezlerin en aktif olduğu dönemler, 18. yüzyılın ortalarıyla 19. yüzyıl olarak bilinmektedir. PAS'nun tedavi edici özelliği ününün kısa sürede yayılması, tüm Avrupa'dan imparator, prens ve aristokratları, ya rahatsızlıklarını gidermek ya da genel sağlık durumlarını geliştirmek için, bu merkezlere getirmiştir. PAS hakkındaki en şaşırtıcı şey, tedavi edici özelliğinin antik çağlarda keşfedilmiş olması ve modern bilimsel araştırmaların da antik çağlardaki bilgileri desteklemesidir.

Tıp biliminin öncüsü Hippocrates (M.Ö. 466-377) hastalarına PAS'nu önermiştir. Onu takiben tıp biliminin bir diğer ismi Galen (M.S. 131-200) PAS hakkında hastalarına önerilerde bulunmuştur. Ayrıca PAS tedavisi tıp tarihindeki diğer önemli isimler tarafından da tavsiye edilmiştir. 200'e yakın çalışması bulunan İbn-i Sina (M.S. 980-1037), 'İngiliz Hippocrates' olarak bilinen Thomas Sydenham (1624-1689), tüm Avrupa'da klinik eğitim yöntemleri kullanılan ünlü Hollandalı hekim Hermann Boerhaave (1668-1738) bu isimlerden sadece bir kaçıdır.

Süt sektörünün en önemli yan ürünlerinden olan PAS'nun, atılması veya değerlendirilmemesi uzun yıllardan beri bütün dünyada süt endüstrisinin karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir. Herhangi bir işlem görmeden çevreye atılan PAS, çok yüksek oranlarda organik madde içeriği nedeniyle çevre kirliliğine neden olduğu gibi, içerdiği yüksek değerli besin öğeleri de

kaybedilmektedir. Yakın tarihlere kadar yalnızca tarım ve hayvancılıkta değerlendirilebilen PAS, günümüzde çeşitli amaçlara yönelik olarak birçok alanda değerlendirilebilmektedir (Önür ve ark., 2016a).

PAS ilk keşfedildiği zamanlarda tedavi amaçlı kullanılmış olsa da, günümüzde PAS ve ürünleri gıda endüstrisinde geniş bir ürün yelpazesi içinde bileşen olarak kullanılmaktadır. Genel olarak en yüksek değere sahip PAS ürünleri yem sanayinde değerlendirilmektedir. Daha yüksek değere sahip, PAS protein konsantreleri ve PAS protein izolatları gibi ürünler ise gıda başta olmak üzere kozmetik ve ilaç endüstrisi için üretilmektedir. PAS'ndan elde edilen ürünler, genellikle kuru formda, şekerleme, fırıncılık ürünleri, sağlık ve sporcu takviyeleri, süt ve et endüstrisi gibi alanlarda birçok gıdanın formülasyonunda bileşen olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son zamanlarda, özellikle gıda endüstrisinde kullanılmak üzere, PAS tozu ve PAS protein konsantrelerine olan talep artmıştır. Buna bağlı olarak da son 35 yılda, PAS bileşenlerinin üretimleri ve üretim tekniklerinde çok belirgin bir artış kaydedilmiş ve süt endüstrisi, bu bileşenlerin düşük maliyetli üretimine izin verecek şekilde yenilikçi işleme teknolojilerinin gelişimine açık hale gelmiştir. Ayrıca katma değeri fazla olan PAS ürünlerinin bu sayede gelişmeye sahip olacağı beklenmektedir (Önür ve Çelik, 2016).

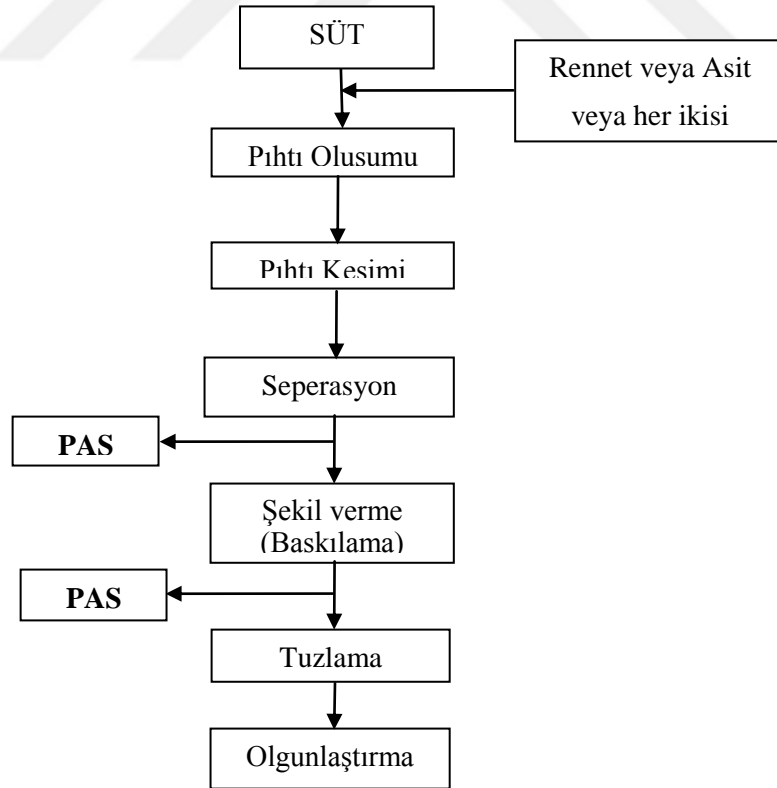
1.1 Peyniraltı Suyunun Eldesi

Peyniraltı suyu, peynirin yapım aşamasında pıhtının ayrılmasıyla ortaya çıkan, protein, mineral vb. bileşenleri içeren sarımtırak yeşil renkli laktoz çözeltisidir (Önür ve Çelik, 2016). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğinde verilen tanıma göre; peyniraltı suyu, sütün peynir mayası ya da organik asitler ve/veya starter kültür yardımıyla asitliği artırılarak sıvı halden jel haline dönüştürülmesi ile elde edilen ürünün(pıhtı) kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan sıvı yan üründür (TGK, 2015).

Taze süt, düşük olmayan bir sıcaklıkta kendi haline bırakıldığında temel süt proteini olarak bilinen kazeinler pıhtılaşır. İlerleyen süreçte bir karıştırma veya çalkalama olmaz ise jel yapı ortaya çıkar. Jelleşmiş süt bekletildiğinde ise genel olarak PAS ayrılması gözlenir. Bu olay ısı işlem uygulaması ve karıştırma ile hızlandırılabilir. Daha sonra yapı pıhtı ve PAS olmak üzere ikiye ayrılır. Bu peynir yapımının temelini oluşturmaktadır. Ancak süt yüzyıllardır buzağı midesinden elde edilen rennet (peynir mayası) gibi maddeler kullanılarak

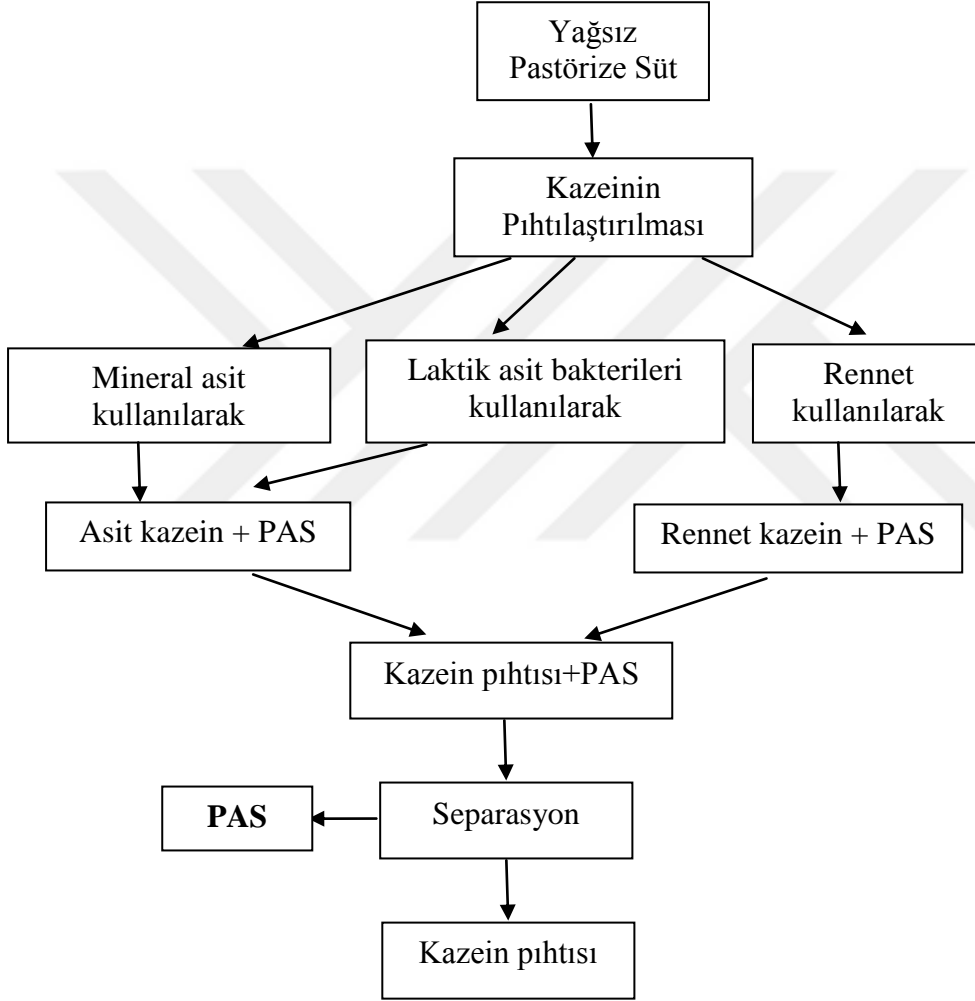
pıhtılaştırılmaktadır. Süt peynire işlenirken, kazein ve yağ konsantre hale gelmekte ancak diğer süt bileşenleri su ile birlikte PAS'una geçmektedir. Bütün peynir çeşitleri için gerekli olan temel üretim basamakları şu şekilde sıralanabilir;

- **Sütün pıhtılaştırılması:** Burada rennet enzimi veya asit veya her ikisi birden kullanılmaktadır. Bu süreçte yağ globüllerinin çevrelediği bir ağ yapısı içinde bir araya gelmiş kazein proteinlerinin oluşturduğu bir jel yapısı ortaya çıkar.
- **PAS'nun ayrılması:** Bu süreçte jel yapısı içindeki su ve suda çözünen bileşenler yapıdan uzaklaşır.
- **Asit oluşumu:** Laktozun bir kısmı laktik asite dönüşür.
- **Tuzlama:** NaCl kullanılarak gerçekleştirilir.
- **Olgunlaştırma:** Peynirin istenilen tat, koku ve yapısal özelliklerinin oluşumu için gereklidir.



Şekil 1.1 Genel peynir üretim akım şeması ve PAS'nun açığa çıkması (Walstra et al., 1999)

Kazein, yağsız sütün pıhtılaştırılması, yıkanması ve kurutulması yoluyla elde edilen bir protein ürünü olarak tanımlanmaktadır. İki tip endüstriyel kazein bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi yağsız sütün mineral asit veya laktik asit bakterileri kullanılarak pıhtılaştırılması sonucu üretilen ‘Asit Kazein’dir. Diğeri ise yağsız sütün rennet enzimi (peynir mayası) ile pıhtılaştırılması yoluyla elde edilen ‘Rennet Kazein’dir. Kazeinin asit etkisiyle veya rennet enzimiyle pıhtılaştırılmasından sonra PAS (ya da serum kısmı) pıhtıdan ayrılır.

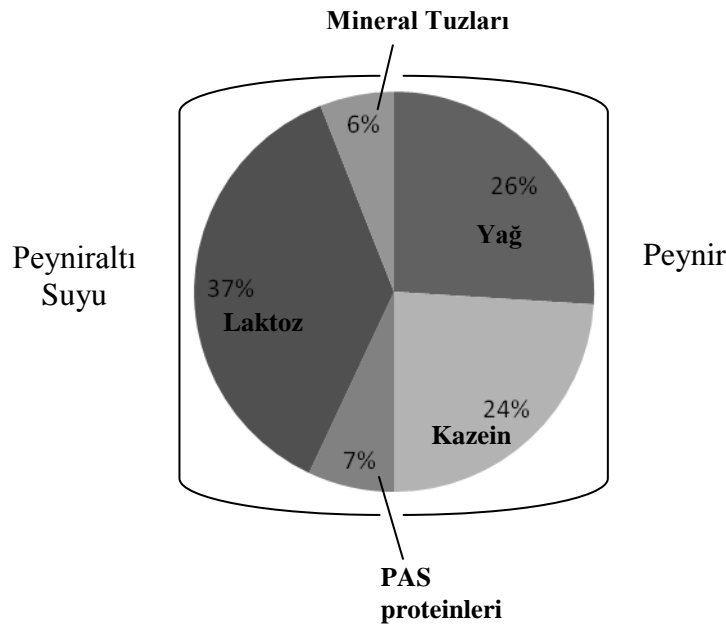


Şekil 1.2 Sütten asit ve rennet kazein pıhtısının elde edilmesi sürecinde PAS'nun açığa çıkması (Gürsel, 2001)

1.2 PAS'ın Bileşimi ve Çeşitleri

PAS, suda çözünen çeşitli süt unsurlarının çok bileşenli bir çözeltisidir; PAS'nun kuru maddesi karbonhidrat (laktoz), protein (çeşitli kimyasallara bağlı farklı peyniraltı suyu proteinleri) ve çeşitli minerallerden oluşur (Jelen and Patocka, 1989). PAS'daki mevcut protein fraksiyonları makro ve mikro fraksiyonlar altında toplanır. Makroprotein grubu; toplam PAS proteininin %70-80'ini oluşturan beta-laktoglobulin ve alfa-laktalbuminden ibarettir. Mikroprotein komponentleri ise; glikomakropeptidler, kan serum albumini, immunoglobulinler, fosfolipoproteinler, transferrin, laktoferin ve çok sayıda biyoaktif faktörler ile enzimleri kapsamaktadır. Bunlar beslenmede makroproteinlere göre daha az önem taşırlar (Karagözlü ve Bayarer, 2004).

PAS'nun özellikleri ve bileşimi peynir üretim teknolojisine, peynir üretiminde kullanılan sütün kalitesine ve özellikle sütün pıhtılaştırılmasında kullanılan maddenin asit veya maya enzimi oluşuna göre değişmektedir (Yerlikaya ve ark., 2010; Üçüncü, 2008). Ancak genelde yağsız süt kuru maddesinin yaklaşık 2/3'sini ve bu bağlamda laktoz, serum proteinleri, suda çözünen vitaminler, mineraller gibi beslenme fizyolojisi bakımından değerli maddeler içerir. Nitekim, peynir üretimi sırasında süt bileşenlerinin yaklaşık dağılımını gösteren Şekil 1.3'den de anlaşılacağı gibi, yağ ve kazein peynirde kalmakta; oysa laktoz, peyniraltı suyu proteinleri ve mineral tuzlar peyniraltı suyuna geçmektedir (Üçüncü, 2008).



Şekil 1.3 Peynir üretiminde süt bileşenlerinin dağılımı (Üçüncü, 2008).

Peyniraltı suyu kompozisyonu değişkendir ve bir dizi faktöre bağlıdır;

- Peynir ve kazein üretiminde rennet (kimoziin) kullanımı peyniraltı suyuna glikomakropeptid geçişine neden olur. Bu protein fraksiyonu, yağsız sütün mikrofiltrasyonu veya direkt asidifikasyonundan elde edilen peyniraltı suyu akışlarında mevcut değildir. Glikomakropeptidler, peyniraltı suyu fraksiyonunun protein içeriğini artırır ve beta-laktoglobulin ve alfa-laktalbüminlerin seyreltici etkileri ile fonksiyonel özelliklerini değiştirir.
- Peynir çeşidi peyniraltı suyunun, pH, toplam katı, mineral ve yağ içeriğini etkiler.
- Peynir üretimi sırasında, doğrudan asitlendirmenin kullanılması daha yüksek mineral içeriğine sahip bir peyniraltı suyu eldesini sağlar ve peyniraltı suyunun lezzet ve fonksiyonel özelliklerini değiştiren asit iyonlarını ekler.
- Genel olarak, yağsız sütün üretilen kazein peyniraltı suyu, tam yağlı sütün üretilen peyniraltı suyundan daha düşük yağ içeriğine sahiptir. Başlangıçtaki peyniraltı yağındaki bu fark, peyniraltı suyu işleme sırasında peyniraltı suyundan yağ ayrılmasıyla azaltılır (Marcelo and Rizvi, 2008).
- Sütün ve peyniraltı suyunun bileşiminde, çimle beslenen ve minimum ek beslenme sağlayan sürülerde mevsimsel değişim etkili olmaktadır. Yavrulama ilkbaharda gerçekleşir ve sürüler tipik sağım mevsiminde genellikle 8 ila 9 ay süt üretir. Süt kompozisyonundaki mevsimsel değişiklikler, sağımlık sürülerin besin alımlarındaki değişimden kaynaklanmaktadır. Laktasyonun son üç ayında, peyniraltı suyundaki alfa-laktabutin içeriği azalır ve beta-laktoglobulin ve glikomakropeptid içeriği azami düzeye çıkar (Regester and Smithers, 1991).

1.3 Peyniraltı Suyunun Önemi

Peynir üretiminde fazla miktarda elde edilmesi ve özellikle de içerdiği besin öğeleri peyniraltı suyunun değerlendirilmesinin önemini artırır. Besin öğeleri kadar önemli bir konuda peyniraltı suyunun çevreye verdiği zararlarıdır (Kamer ve ark., 1997).

PAS'ın değerlendirilmeden atılması çevre kirlenmesine neden olmaktadır. Çevre kirlenmesinde kriter olarak Biochemical Oxygen Demand (BOD) yani biyokimyasal oksijen ihtiyacını ifade eden bir değer kullanılmaktadır. Bu değer, mikroorganizmaların kirli sulardaki organik maddeleri parçalamak için kullandığı oksijen miktarını belirtir (Kinekawa ve Kitabatake, 1996). Peyniraltı suyunun biyolojik oksijen ihtiyacı 39000-48000 ppm arasında değişir ve bu da oldukça yüksektir. İçerdiği organik maddeler temel kirlenme kaynağıdır. Bu organik maddeler sudaki erimiş oksijeni kullandıklarından, suda yaşayan canlılar, özellikle balıklar kendi yaşamları için gerekli oksijeni bulamaz ve ölmeye başlarlar. Bununla birlikte toksisiteye neden olan bazı alg ve zehirli bitki türlerinin gelişmesi kolaylaşır. Bu durumu bir örnekle açıklayacak olursak günde 10 ton sütü peynire işleyen ve 8 ton peynir suyunu değerlendirmeden döken bir işletme, 8 bin nüfuslu bir kentin yaptığı kadar çevre kirlenmesine yol açmaktadır (Metin, 1983; Üçüncü, 2005, Yalçın ve ark., 1994).

PAS'ın besin maddeleri içeriğinin az olmasının yanı sıra çeşitli ve değerli oluşu nedeniyle, bir yılda açığa çıkan peyniraltı suyu miktarı dikkate alındığında bu artığın, artıktan çıkıp önemli bir ürün haline gelmesi gereklidir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016 yılı verilerine göre, ülkemizde çiğ süt üretimi toplam 18 milyon 489 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Yılda üretilen çiğ sütün yaklaşık %20'sinin peynire işlendiği düşünüldüğünde yaklaşık 3 milyon 698 bin ton sütün peynir yapımında kullanıldığı belirtilebilir. Peynir işlemede her 100 kg sütün yaklaşık 85 kg'ı PAS'a çevrilmektedir. Bu nedenle de 3 milyon 143 bin ton civarında PAS'ın açığa çıktığı söylenebilir (TÜİK, 2016). Elde edilen artıkların çok az bir kısmı basit şekilde değerlendirilmekle beraber önemli bir bölümü işletmelerin dağınık oluşu, olanaksızlık ve bilgisizlikten değerlendirilememektedir. Bu nedenle peynir suyunun dökülmesiyle ülkemizde yağ, protein, laktoz, mineral madde kaybı olabilmektedir. Son yıllara kadar atık gözüyle bakılan sütçülük artıkları ülkemizin hayvansal protein gereksinimine büyük ölçüde katkıda bulunacak durumdadır. Böylesine değerli artıkların

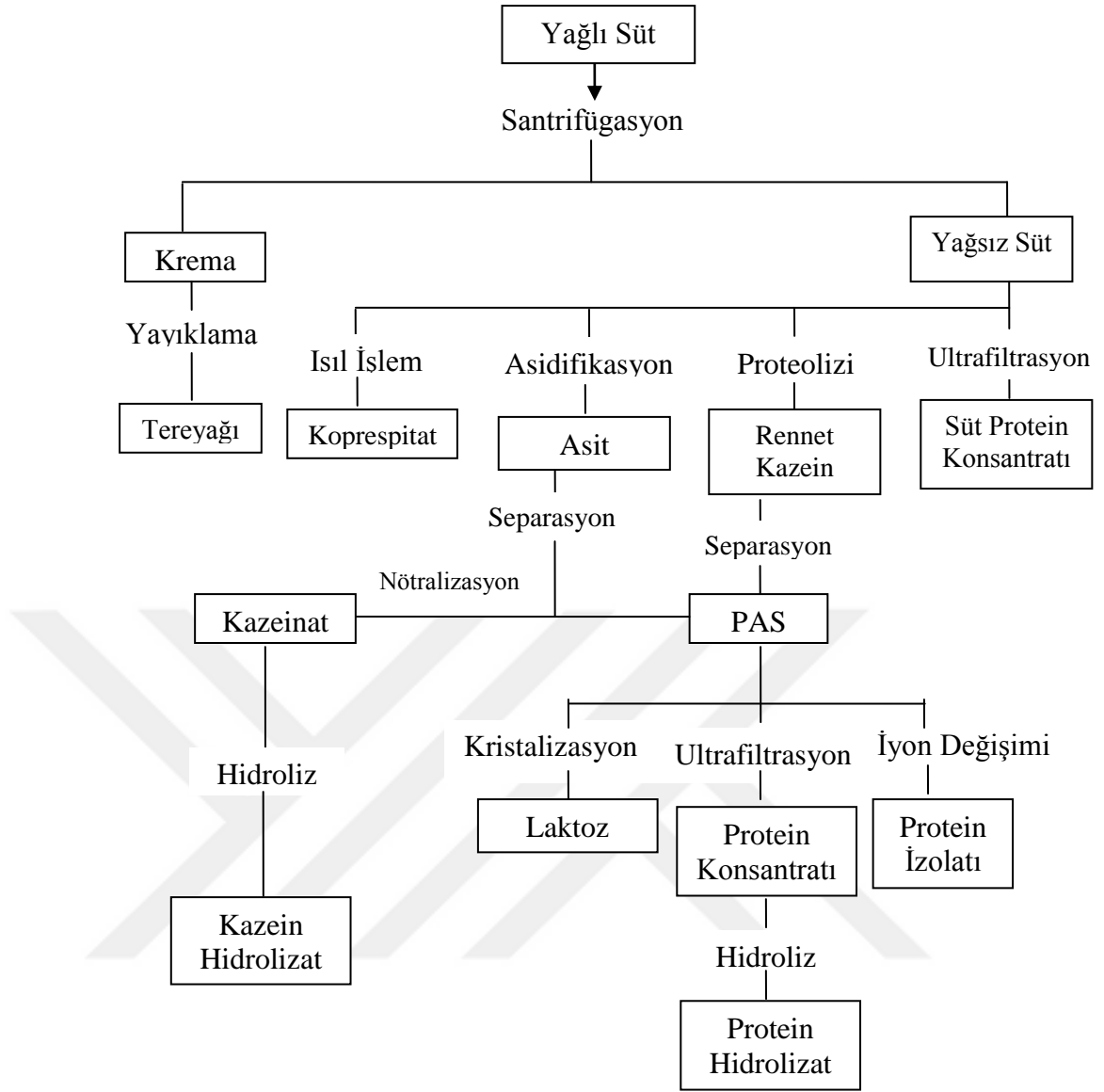
değerlendirilmesi ülke ekonomisi ve toplumun dengeli beslenmesi için mutlaka gereklidir (Kamer ve ark., 1997).

1.4 PAS'ın Değerlendirilmesi ve Kullanım Alanları

Süt endüstrisinde PAS'ın yüksek organik madde içeriği ve yüksek hacimlerde açığa çıkması nedeniyle oldukça önemli çevre problemlerine yol açmaktadır. Kullanılmadan atılan peyniraltı suyunun çevre kirlenmesindeki olumsuz etkisi göz önüne alındığında, mutlaka değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Çevre kirlenmesinin yanı sıra ekonomik açıdan bakıldığında yapısında süt kuru maddesinin yaklaşık yarısını bulunduran bu maddeyi değerlendirmeden dökmenin ne kadar büyük bir kayıp olduğu ortaya çıkmaktadır (Alpkent ve Göncü, 2003). Yüksek besin değeri içeriği sayesinde değerli ürünleri üretmek ve aynı zamanda yüksek organik yükü ile çevrede oluşabilecek zararların etkilerini azaltmak için PAS'nun optimum maliyet ile kullanımı geliştirilmelidir. Böylece, peyniraltı suyunun değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlayacağı görülebilmektedir (Önür ve ark., 2016a).

Ülkemizde sütçülükle uğraşan işletmelerin genellikle çok düşük kapasiteli olması pek çok yan ürünün üretilmesini engellemektedir. Özellikle peynir işletmelerinde, PAS'dan lor, laktoz, albimün ve kurutulmuş peyniraltı suyu gibi yan ürünler elde edilir. Püskürtme yöntemi ile kurutulmuş peyniraltı suyu ve laktoz insan tüketimi için uygun bir besindir. PAS'daki yüksek süt şekeri içeriği dolayısıyla bazı tesisler bu şekerin bir kısmını kristalize laktoz olarak elde ederler, daha sonra temizlenerek ilaç ve şekerleme endüstrisinde kullanılmaktadır. Büyük kapasiteli işletmelerde peyniraltı suyunun değerlendirilmesi yoluna gidilmektedir. Ancak, peynir üretimimizin büyük bir çoğunluğunun yapıldığı mandıralarda böyle bir değerlendirme yapılamamaktadır (Ercan ve Ercan, 2007).

Süt sanayiinde çeşitli süt ürünleri, yoğurt, dondurma vs. gibi birçok ürünlerde PAS bileşen olarak kullanılabilir. PAS'nun elde edilişi ve süt endüstrisi bileşenlerinin üretimi Şekil 1.4'de görülmektedir. Bebek mamaları, fırıncılık ürünleri, et ve balık ürünleri gibi birçok gıda ürününde peyniraltı suyu bileşen olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra, PAS bir çok uygulama alanına sahiptir.



Şekil 1.4 Sütçülük bileşenleri üretim akım şeması- PAS geri kazanım prosesleri (Ercan ve Ercan, 2007).

Günümüzde, PAS'nun fonksiyonel bir gıda olarak önemi giderek artmaktadır. Biyoaktif özellikteki PAS bileşenleri beslenme alanının yanı sıra ilaç endüstrisinde de kullanılabilir. PAS ve ürünlerinin kullanımının önümüzdeki yıllarda daha da artacağı düşünülmektedir (Önür ve ark., 2016a).

PAS ve ürünleri, birçok alanda (ziraat, gıda, biyoteknoloji vb.) çeşitli amaçlar için kullanılabilir (Demir, 2016).

1.4.1. Gıda endüstrisinde kullanımı

PAS, özellikle gıda sanayiinde oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Örneğin, çeşitli alkollü ve alkolsüz içecekler PAS kullanılarak üretilmektedir. Peyniraltı suyuna farklı oranlarda meyve aromalarının katılması ile bir çok alkolsüz içecek çeşidi üretilmektedir. Özellikle kayısı, şeftali, mango, turuçgiller, elma, muz ve üzüm gibi çeşitli meyveler kullanılabilir. Bira benzeri alkollü içeceklerin yapımında, sahip olduğu bazı nitelikler nedeniyle peyniraltı suyu elverişli bir hammaddedir. Ayrıca proteininden ayrılmış peynir suyuna karamelize şeker, bira mayası, sakaroz, meyve aroması ve su eklenmesi sonrasında karışım, fermantasyona bırakılarak peyniraltı suyu şampanyası üretilmektedir (Kırdar, 2001).

PAS proteinleri, yapı ve nem kontrolünü asit stabilitesi ile sağlayıp, ürünün emülsiyon ve köpük oluşturma özelliklerini artırır. Böylece pasta ve çikolata benzeri şekerli gıdaların üretiminde kullanılmaktadır (Alpkent ve Göncü, 2003).

PAS proteinlerinin emülsiyon kapasitesi ve kararlılığının yüksek olması sebebiyle, krema, mayonez, sürülebilir krem peyniri, et ve salata sosları gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek jelleşme özelliğine sahip PAS proteinleri kremalı çorbalar, et sosları ve benzeri gıdalarda kıvam arttırıcı olarak kullanılabilir (Gökcalp ve Işık, 1999).

PAS konsantreleri, Cheddar peynirinde randımanı artırmak, Quark, Cottage ve eritme peynirlerinde yapıyı geliştirmek, yoğurt yapımında ise su bağlama özelliği ile daha kıvamlı ürün elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. PAS proteinleri, yağ bağlama, su tutma kapasitesi ve emülsifiye olma gibi çeşitli özelliklerinden dolayı et teknolojisinde de kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca kek, bisküvi, pasta ve çöreklerde içerdiği yüksek oranlardaki laktoz nedeniyle yağsız süttozunun yerine PAS tozu kullanılmaktadır. Özellikle bebek gıdalarının üretiminde de PAS proteinlerinden yararlanılmaktadır (Koçak ve Aydemir, 1994)

1.4.2. Yem endüstrisinde kullanımı

PAS hayvan yemi olarak, sıvı halde veya kurutulmuş ve/veya konsantre edilmiş halde kullanılabilir. Hayvanlara doğrudan içirmek veya kaba yemlerine katmak suretiyle sıvı halde kullanılabilir. Daha çok geniş getiren hayvanlarda, PAS kullanılarak kuru otun yumuşatılarak hayvanlara verilmesi

sonucunda, yemdeki kurumaddenin sindirilebilirliği artmıştır. Ayrıca yeme %5 oranında peyniraltı suyu katıldığında, yemdeki ham protein ve fosfordan yararlanma oranları da artmaktadır (Yener ve ark.,1995). Ancak PAS'nun sıvı halde ve çok fazla miktarlarda hayvanlara verilmesi halinde siskinlik problemi ortaya çıkmaktadır (Sienkiewicz and Riedel, 1990).

Kurutulmuş ve/veya konsantre edilmiş halde kullanımı, PAS tozlarının daha uzun süre muhafaza edilebilme imkanının olması nedeniyle hayvan beslemede bu ürünler ön plana çıkmıştır. Bu grup ürünlerin en önemli dezavantajı, sıvı PAS'larına göre daha pahalı olmalarıdır. %40 laktoz veya %60 PAS tozunun mısıra dayalı rasyonlar ile elde edilen ağırlık kazancına denk olduğu ve herhangi bir probleme yol açmadığı tespit edilmiştir (Sienkiewicz and Riedel, 1990; Mann, 1991).

1.4.3. Kozmetik endüstrisinde kullanımı

Yapılan araştırmalara göre, cilt neminin sabit tutulması cilt sağlığının korunması için oldukça önemlidir. Deri üzerinde bulunan “Doğal Nemlendirici Faktörler” olarak bilinen NMF’ler bu nemin sabit tutulması sağlar. NMF’ler cilt yüzeyindeki suyu bağlar ve cildi nemlendirirler. İnsan cildindeki doğal nemlendirici faktörler (NMF) peyniraltı suyu proteinlerinde bulunan düşük molekül ağırlıklı bileşenlerle benzer özelliklere sahiptir.

PAS’dan, PAS konsantratu ya da izolatu üretimi sırasında bir yan ürün olarak kozmetikler için uygun olan peyniraltı suyu mineralleri elde edilmektedir. Kozmetik endüstrisinde sıkça kullanılan hyalunorik asit ile bu maddeler benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, kozmetik ürünleri ile bebekler için üretilen sabun ve losyonlarda peyniraltı suyundan elde edilen bu maddeler kullanılabilir. (Alpkent ve Göncü, 2003; Negishi et al., 1997).

1.4.4. Tıpta kullanımı

PAS proteinleri çeşitli kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri olan zengin bir protein karışımıdır. Peynir suyu proteinleri ilk olarak orta çağda bazı hastalıkların tedavisinde sıkça kullanılmıştır. Daha sonralarında tedavi merkezlerinde özellikle bağırsak tıkanması, karaciğer rahatsızlığı, zehirlenmeler, böbrek rahatsızlıkları ve şişmanlık gibi çeşitli hastalıklar tedavi edilmiştir.

Günümüzde ise anti-bakteriyel ve bağışıklığı artırıcı özellikteki serum proteinleri bazı hastalıklara karşı kullanılabilir (Alpkent ve Göncü, 2003).

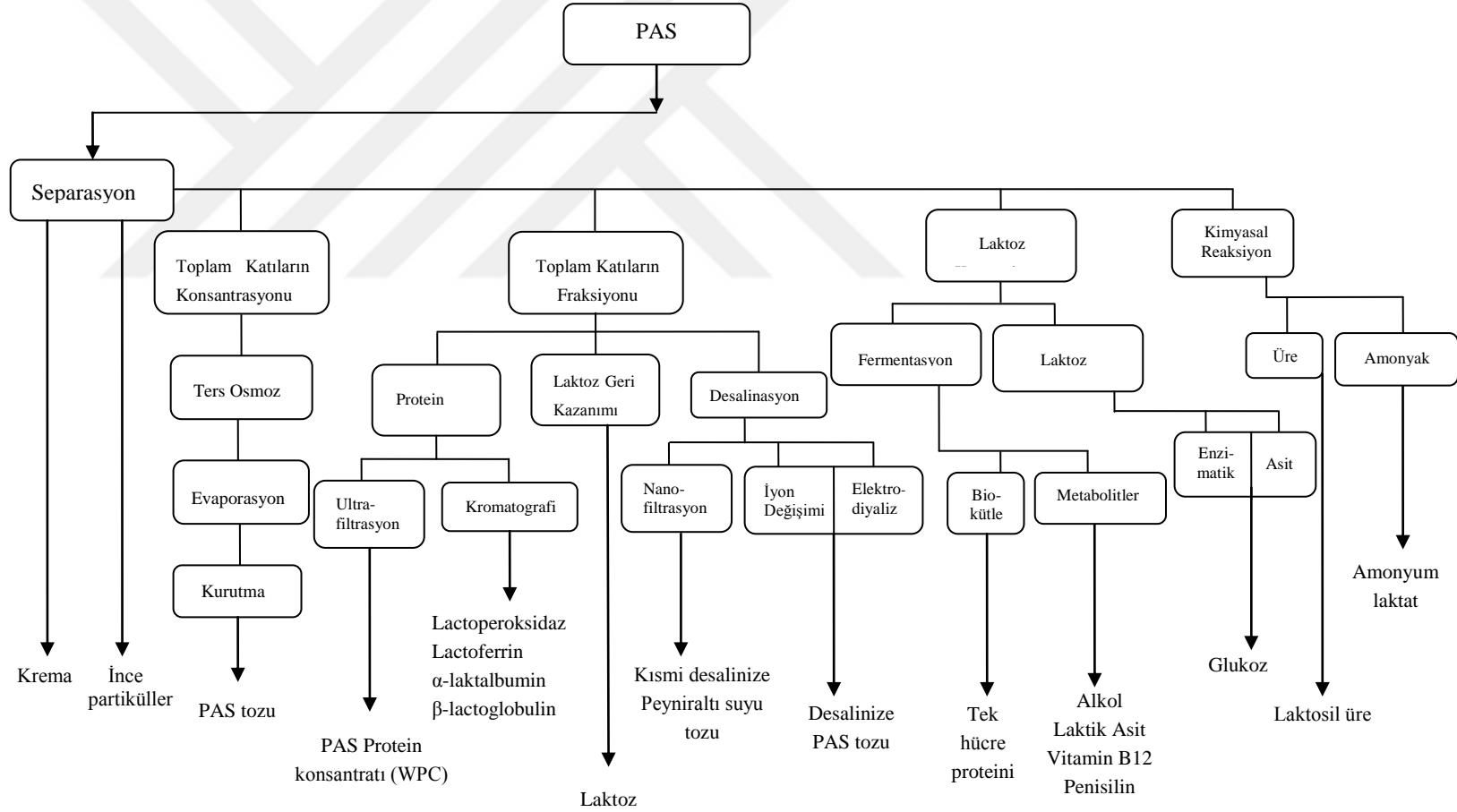
1.5. PAS'ın İşlenmesinde Kullanılan Yöntemler

PAS, protein kompozisyonuna ve laktik asit oluşumuna neden olan bakterilerin büyümesini teşvik eden sıcaklık ve bileşime bağlı olarak peynirden çekildikten sonra mümkün olduğunca çabuk işlenmelidir.

PAS'nun direkt olarak peynir eldesi işleminden sonra, kısa süreli ara depoya çekilmesi ve sonra temizlenmesi, separasyonu, pastörize edilmesi ve daha sonraki işleme beklemek için soğutulması depolanması önerilir. PAS'ın taşınması halinde, taşıma maliyetlerini düşürmek için çeşitli yöntemlerle konsantre edilebilir (TetraPak, 1995).

PAS besinlerinin insan tüketimi için iyileştirilmesi, tekniksel uygulanabilir ve ekonomik olarak avantaj sağlayan işlemlerin varlığına bağlı olarak pazarlanabilir ürünlere yol açmaktadır (Jelen, 1979).

Şekil 1.5'de PAS ve PAS ürünleri için bazı uygulama alanları verilmiştir. Membran filtrasyonunda ve kromatografisindeki gelişmeler, peyniraltı suyunun tüketiciye, peyniraltı suyu bileşenlerinin çeşitli fonksiyonel özelliklerinden yararlanma imkânı tanıyan son derece saflaştırılmış protein ve laktoz ürünlerine dönüşümü için ekonomik olarak uygun ticari işlemleri desteklemektedir (TetraPak, 1995).



Şekil 1.5 Peyniraltı suyu işleme alternatifleri

Şekil 1.5'deki blok diyagram, peyniraltı suyu ve onun son ürünlerinin iyileştirilmesinde kullanılan çeşitli işlemleri özetlemektedir. Birinci aşama, peyniraltı suyunda kalan pıhtı taneciklerinin filtrelenmesi, ardından ince kazein tanelerinin ve yağın ayrılmasıdır. Böylelikle kısmen ekonomik verim artmakta ve bu bileşenlerin bir sonraki uygulamayı engellemesi önlenmektedir. Peyniraltı suyu tozu, laktozu alınmış peyniraltı suyu ve laktoz, geleneksel olarak, peyniraltı suyu katılarının işlenmesinde hâkim olmuştur. Bununla birlikte, peyniraltı suyu proteinlerine olan talebin artmasının nedeni, işlenmiş peyniraltı suyunun yaklaşık % 40'ı olan, peyniraltı suyu proteini konsantratu (WPC), peyniraltı suyu proteini izolatu (WPI), laktoz ve süzüntü ile ilgili ürünlerle ilişkilidir (TetraPak, 1995).

1.6. PAS'dan Elde Edilen Temel Ürünler

Günümüzde ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon, ters osmoz, iyon değişimi gibi gelişen teknolojiler sayesinde çeşitli peyniraltı suyu ürünleri elde edilmektedir. Peyniraltı suyu protein konsantratu, peyniraltı suyu protein izolatları, laktoz oranı düşük peyniraltı suyu, demineralize peyniraltı suyu ve hidrolize peyniraltı suyu ticari olarak kullanılmaktadır. Tüm bu peyniraltı suyu ürünlerinin içerdiği protein, karbonhidrat, immunoglobulin, laktoz, mineral madde ve yağ miktarları farklılık göstermektedir (Yerlikaya ve ark., 2010).

PAS'dan elde edilen başlıca ürünler şu şekilde sıralanabilir;

1.6.1. PAS tozu

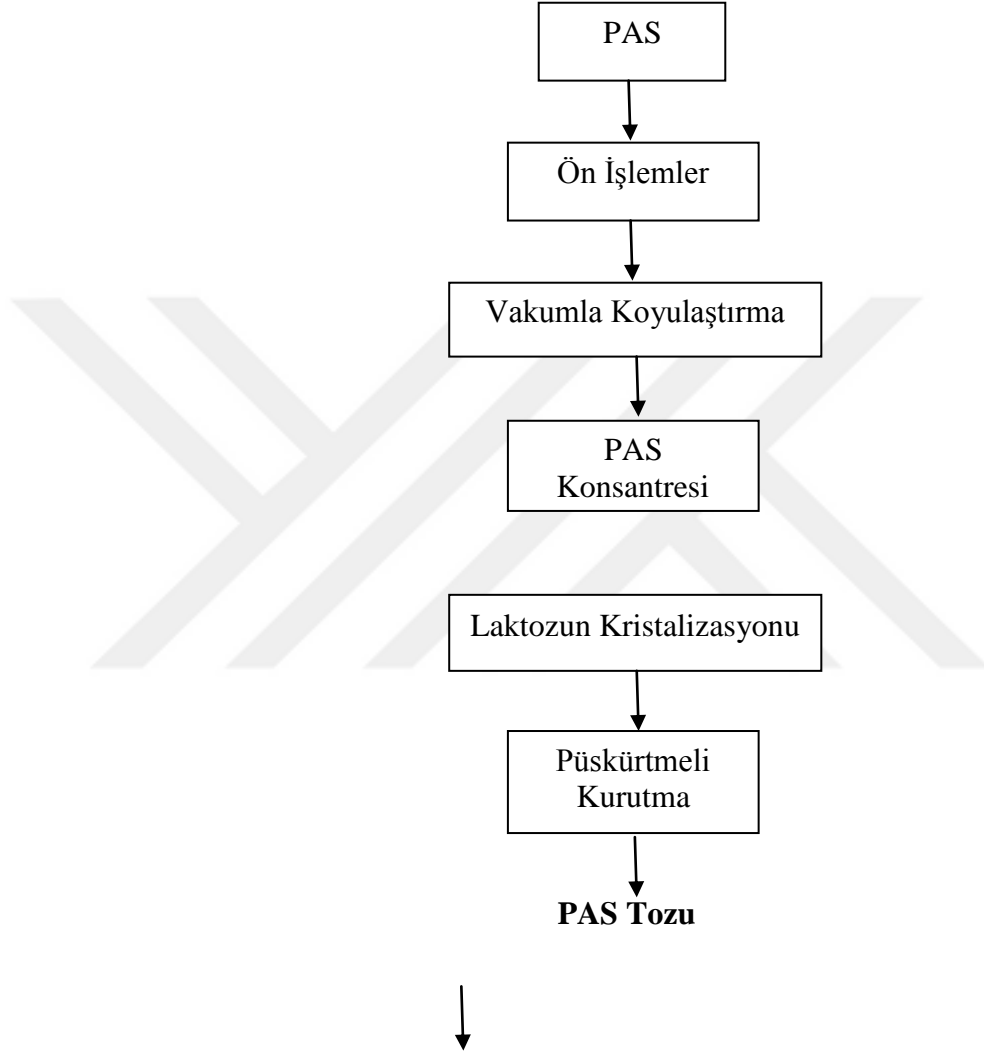
Dünya genelinde üretilen peyniraltı suyunun 1/3'ü PAS'a dönüştürülmektedir.

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğine göre PAS tozu, peyniraltı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilen ve son üründeki nem içeriğinin ağırlıkça en fazla %5 oranında olduğu toz üründür (TGK, 2015).

PAS tozları gıda endüstrisinde çok farklı alanlarda kullanılmakla birlikte, en yaygın olarak gıdalara aroma vermek için kullanılmaktadır. PAS tozunun bu özelliğinden çerez kaplamaları başta olmak üzere peynir esaslı soslarda, çorbalarda, patates çipslerinde, tuzlu çeşnilerde ve tuzlu bisküvilerde yararlanılmaktadır. Peyniraltı suyu tozu içeren gıdalar ile peynir içeren gıdalar aynı yapı, tat-koku ve görünüşe sahip olabilmektedir. Özellikle bisküvi

sektöründe süt tozu yerine ekonomik nedenler ve saklama kolaylığı sebebiyle peyniraltı suyu tozu kullanılmaktadır.

Endüstriyel olarak PAS tozunun üretim akım şeması Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6 PAS tozu üretim akım şeması (Demir, 2016).

- **Ön işlemler:** Klarifikasyon, krema separasyonu ve pastörizasyon işlemleri sırasıyla uygulanır.

İlk olarak, klarifikatör aracılığıyla, peyniraltı suyundaki pıhtı parçacıkları uzaklaştırılır. Sonrasında peyniraltı suyundan yağ ayrımı için krema separasyonu

yapılır. Çünkü, peynir üretiminde (yağsız peynir üretimi hariç) peyniraltı suyuna yağ pariküllerinin geçişi olur. Bu da tat, koku stabilitesi ve ekonomik olarak peyniraltı suyundan ayrılması gerekir. Peyniraltı suyunda separasyon sonrası kalan yağ iz miktardadır. Son olarak, peyniraltı suyunun mikrobiyal niteliğini optimize etmek için pastörize edilmesi gerekmektedir.

- **PAS'nun Konsantre Edilme İşlemi:** PAS'nun kuru madde içeriği evaporasyon işlemi ile %40-60 aralığında bir düzeye getirilmektedir.
- **Son İşlem:** PAS'nun toza işlenmesindeki en son aşama, püskürtmeli kurutucular kullanılarak konsantre PAS'nun dehidre edilmesidir. Bu suyu uzaklaştırma sürecinin sonunda PAS tozu elde edilir. Fakat konsantre peyniraltı suyunun direkt kurutulması sonucunda, elde edilen toz aşırı nem çekici olacaktır. Bu durum nedeniyle depolama sırasında ve kurutucuda toz topaklaşma eğilimi gösterecektir. Bunun engellenmesi için nem çekici özellikte olan laktozun β -laktoz formu, nem çekici özellikte olmayan α -laktoz formuna kristalize edilmesi gerekir. Kontrollü bir şekilde kristalizasyon yapılması ile, konsantratin 30°C 'e hızlı bir şekilde soğutulması ve ardından mikro ölçekli laktoz oluşturulması ile gerçekleştirilir (Demir, 2016).

1.6.2. PAS protein ürünleri

Fonksiyonel ve besinsel değerleri nedeniyle PAS protein bileşenleri, çeşitli gıdalara katılabilir. PAS'nun büyük bir kısmı PAS tozuna işlenmekte, diğer kalan kısım ise tatlı PAS tozu, demineralize PAS, laktozu uzaklaştırılmış PAS, PAS protein konsantratu, protein izolatu ve laktoz gibi çeşitli ürünlere işlenmektedir. Gıda, ilaç ve kozmetik sektörlerinde PAS protein konsantratu ve protein izolatu gibi ürünler sıklıkla kullanılabilir (Demir, 2016).

Çizelge 1.1 Konsantre ve kurutma işlemi öncesinde PAS ve PAS'dan elde edilen protein ürünlerinin yaklaşık bileşimi (%) (Harper, 2011)

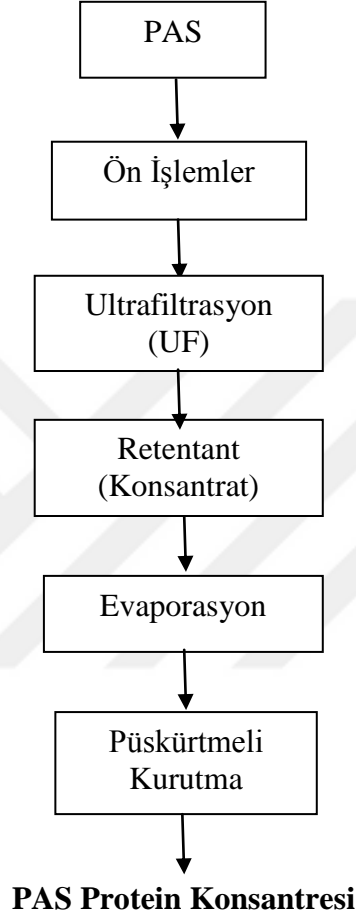
Ürünler	Protein (%)	Laktöz (%)	Yağ (%)	Mineral (%)	Su (%)
PAS	0.9	4.8	0.05	0.5	93.0
PAS protein konsantratu -35	3.3	4.8	0.2	0.7	91.0
PAS protein konsantratu -60	11.5	5.2	1.0	0.8	71.5
PAS protein konsantratu -80	20.0	1.0	2.0	1.0	76.0
PAS protein izolatu	19.0	0.2	0.2	0.6	80.0

PAS yaklaşık olarak %93 oranında su ve %0.6 oranında ise protein içermektedir. PAS protein konsantratinin içeriğinde %25 ile 80 arasında, protein izolatında ise %90 ve üzerinde protein bulunmaktadır. Çeşitli işleme metotları uygulanarak 150 kg peyniraltı suyundan 1 kg civarında protein izolatu tozu üretilirken, geriye en az 149 kg civarında su ve suda çözünen madde bulunmaktadır. Ayrıca, PAS protein konsantratu ve protein izolatu üretimi sırasında da kullanılan membran ayırma yöntemleri ters osmoz (RO), ultrafiltrasyon (UF), mikrofiltrasyon (MF) ve nanofiltrasyon (NF) olarak bilinmektedir. Elektriksel alan prensibiyle yürütülen membran prosesleri ise elektrodializ (ED) ve elektro-deiyonizasyondur (EDI) (Demir, 2016).

1.6.2.1. PAS protein konsantresi

PAS'dan protein olmayan maddelerin uzaklaştırılması sonucu elde edilen ve son kurutulmuş üründe en az %25 civarında protein içeren üründür. Çöktürme, filtrasyon veya dializ gibi çeşitli fiziksel ayırma teknikleri kullanılarak PAS protein konsantresi üretilebilmektedir. Sıvı form, konsantre form ve toz formda PAS protein konsantresi kullanılabilir.

Şekil 1.7’de peyniraltı suyu protein konsantratının üretim akım şeması verilmiştir. Yoğurt, eritme peyniri ve bebek mamaları ile bazı fırıncılık ürünlerinde PAS protein konsantresi kullanılmaktadır. Ayrıca et ürünlerinde de besinsel katkı ve bağlayıcı özelliklerinden dolayı PAS protein konsantresi kullanılabilir (Demir, 2016).



Şekil 1.7 PAS protein konsantresi üretim akım şeması (Demir, 2016).

1.6.2.2. PAS protein izolatı

PAS’den üretilen peyniraltı suyu protein izolatı temel protein ürünlerinden bir diğeridir. Bu izolatlar içeriğinde %90 ve üzerinde protein ve %4-6 oranında ise su bulundurmaktadır. %4-6’lık kısımda ise yağ, laktoz ve kül gibi maddeler vardır. PAS protein izolatları tamamlayıcı olarak beslenmede ve sporcu içecekleri ile proteince zenginleştirilmiş içeceklerde yüksek protein saflığı ve çözelti berraklığı nedeniyle kullanılabilir. PAS protein izolatı üretiminde iyon değişim kromatografisi yöntemi kullanılabilir. Ayrıca yüksek protein

içeriğinden dolayı su bağlama, jelleşme, emülsiyon ve köpük oluşturma ajanları olarak kullanımı yaygındır(Demir, 2016).

Çizelge 1.2 Bazı PAS protein konsantresi ve PAS protein izolatu ürünlerinin ortalama bileşimleri (Foegeding et al., 2011)

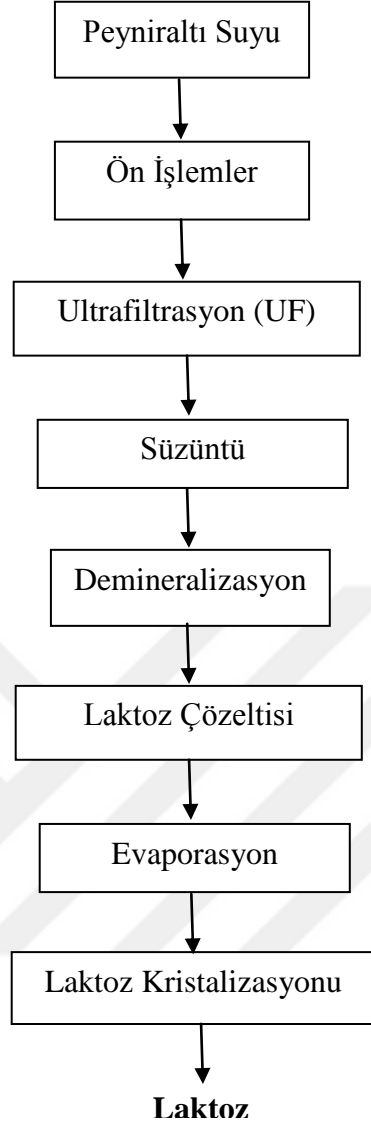
Ürünler	Protein (%)	Laktoz (%)	Yağ (%)	Nem (%)	Kül (%)
PAS protein konsantresi -35	35.3	52.3	3.3	3.7	5.8
PAS protein konsantresi -80	78.7	4.9	6.4	4.3	4.0
PAS protein izolatu	90.9	1.5	0.9	4.8	2.7

1.6.2.3. Hidrolizatlar

Enzimatik hidroliz, besinsel ve fonksiyonel özellikleri değiştirmek için peyniraltı suyu proteinlerine uygulanabilen yöntemlerden biridir. Aminoasit ve proteinlere göre, peptitler daha hızlı ve daha iyi bir şekilde absorbe edilmektedir. Peyniraltı suyu protein hidrolizatları, performans artırıcı ürünler ve bebek maması formülasyonlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Demir, 2016).

1.6.2.4. Laktoz

PAS'dan yağ, protein ve mineralin uzaklaştırılması sonucu geriye kalan sıvı koyulaştırılır ve kristalizasyon işlemi ile laktoz elde edilir (Şekil 1.8). Özellikle, bebek maması üretimi, ilaç endüstrisi, penisilin üretimi, hidrolize laktoz şuruplarının hazırlanması ve laktik asit üretimi gibi alanlarda laktoz kullanılmaktadır.



Şekil 1.8 Laktoz üretim akım şeması (Demir, 2016).

PAS'daki kuru maddenin temel bileşini laktozdur. Mikroorganizmalar aracılığıyla laktozun parçalanması sonucu peyniraltı suyundan yeni ürünler üretilebilmektedir. Bunlar; etil alkol, kefir benzeri fermente peyniraltı suyu içecekleri, laktik asit ve sitrik asit gibi organik asitler, ekme mayası, tek hücre proteini, probiyotik starter kültürler, biyogaz, biyoplastik gibi biyopolimerler ve galaktoz gibi ürünlerdir.

UF membranı laktoz üretimi sırasında proteinleri ayırmak, ters osmoz ise laktoz derişimini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Üretim sırasında yapısındaki suyun uzaklaştırılması için evaporasyon, sonraki aşamada

kristalizasyon ve kurutma aşamasında püskürtmeli kurutma yöntemleri uygulanmaktadır. (Demir, 2016).

1.7. PAS'dan Üretilen Yenilikçi Ürünler

1.7.1. PAS içecekleri

PAS'dan içecek üretimi uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. Tatlı veya ekşi, proteinlerinden arındırılmış, fermente edilmiş ve kurutulmuş PAS içecekleri günümüzde yaygın olarak üretilmektedir.

Antik Yunan çağından beri sağlığa yararlı etkileri, tüberküloz, cilt ve sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi hastalıkların tedavisinde sıkça kullanılmaktadır. PAS'nun besinsel ve tedavi edici özellikleri üzerine çok fazla çalışmalar yapılmış ve çeşitli tedaviler için başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Demir bağlayıcı bir protein olan laktoferrin PAS içeceklerinde fonksiyonel gıda amacıyla yararlanılabilmektedir. Özellikle osteoporozis rahatsızlığı çeken yaşlı insanların beslenmesinde bu içecekler kalsiyum emilimini de arttırdığından dolayı çok önemlidir (Jeličić et al., 2008).

PAS içecekleri alkollü ve alkolsüz olmak üzere iki çeşittir.

1.7.1.1. Alkolsüz PAS içecekleri

Alkolsüz PAS içecekleri, genellikle turunçgil aromalı ve mango, muz veya papaya gibi diğer tropikal meyve aromaları eklenmiş içecekler olarak üretilmektedir. Bu meyvelerin istenmeyen pişmiş süt aroması ve peyniraltı suyunun tuzlu-ekşi aromasının giderilmesi açısından etkili olduğu bilinmektedir. Özellikle demir ve antioksidanların iyi bir kaynağı olarak bilinen dut gibi meyvelerin bu ürünlere eklenmesi ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Jeličić et al., 2008).

Fermantasyon sonucu laktik asit bakterileri ile üretilen probiyotik PAS içecekleri, laktoz metabolizmasını düzenleyici, kandaki kolesterol seviyesini düşürücü, bağışıklık sistemi geliştirici ve antikanserojenik özellik gibi insan sağlığına olumlu etkiler gösterdiği bilinmektedir (Shah, 2007).

Alkolsüz PAS içecekleri olarak ayrıca diyetetik içecekler, hidrolize laktozlu içecekler vardır. Bazı tatlandırıcı maddelerin, elma veya bazı tropik meyveli ve stabilize ajan eklenmiş basit diyetetik içeceklerin bileşimiyle ilişkili olarak ise çok düşük enerji değerine sahiptir. (Jeličić et al., 2008).

1.7.1.2. Alkollü PAS içecekleri

Laktoz, PAS kuru maddesinin ana bileşini olduğu için, PAS alkollü içeceklerin üretimi için çok iyi bir hammaddedir. Düşük alkollü ($\leq\%1.5$) içecekler olarak adlandırılan alkollü PAS içecekleri, laktozun direkt fermantasyonu veya tercih edilen alkol miktarına (%0.5-1.0) erişene kadar sakaroz ilavesi, aromalandırma, tatlandırma ve ambalajlama gibi çeşitli aşamalardan meydana gelmektedir. Kefir kültürüyle fermente edilen PAS'dan üretilen 'Milone' ve Polonya da ise 'Serwoit' olarak tanınan köpüklü peyniraltı suyu şarabı bu kategoridedir. PAS'dan elde edilen bira minerallerle zenginleştirilebilir veya nişasta hidrolizatları ve vitaminleri içerebilmektedir. Düşük alkol miktarına (%10-11) sahip olan peyniraltı suyu şarabı genellikle meyve aromaları ile tat-koku kazandırılmaktadır. (Jeličić et al., 2008).

1.7.2. Laktik asit

PAS'da istenmeyen mikroorganizmalar ısı işlem uygulanarak uzaklaştırılmakta ve homofermentatif laktik asit bakterileri aşıl原因arak laktik asit elde edilmektedir. Gıda, ilaç, deri ve tekstil endüstrilerinde laktik asit sıklıkla kullanılmaktadır. Genellikle 'koruyucu' ve 'asitlendirici' olarak uygulamaları bulunmaktadır. Polilaktik asitlerin üretimi içi hammadde olarak kullanıldığından dolayı laktik asit üretimine olan ilgi son yıllarda artmıştır. Polilaktik asitler özellikle biyolojik olarak parçalanabilir çevre dostu biyoplastiklerin üretiminde kullanılan bir polimerdir (Demirci ve Şimşek, 1997).

1.7.3. Etil alkol

PAS'nun fermantasyonu sonucu etanol üretimi yapılmaktadır. Laktozun etanole dönüşümü ve çevre kirliliğinin azaltılması paralel biçimde gerçekleştirilmekte ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda PAS, PAS tozu çözeltisi, ultrafiltrasyondan elde edilen peyniraltı suyu süzüntüsü ve hatta deproteinize peyniraltı suyunun kullanıldığı

bildirilmektedir. Spesifik bir grup mikroorganizma kullanılması ile bu işlem gerçekleştirilmektedir. (Önür ve ark., 2016a).

Ancak PAS veya PAS süzütüsündeki laktozun, mısır nişastası veya şeker kamışı şekeri gibi diğer ham maddelerle karşılaştırıldığında, etanole dönüşümü ekonomik olarak zordur. Gıda, kimya, ilaç ve kozmetik endüstrisinde ve çevreci bir yakıt olarak PAS'dan elde edilen etanol kullanılabilir (Önür ve ark., 2016b).

1.7.4. Tek hücre proteini

İnovatif ve alternatif gıda kaynaklarına olan talep dünya nüfusunun artması ile giderek artış göstermektedir. Bu alandaki temel uygulamalardan biri tek hücre proteini (THP) üretimidir. Mikrobiyal bir biyokütlenin ekilmesi ve ekstrakte edilmesi ile THP elde edilir. Soya eti ve balık eti gibi maliyetli kaynaklara alternatif olarak, protein takviye etmek amacıyla THP kullanılabilir. THP üretimi için temel madde olan laktozun kullanılması yüksek katma değerli bir ürün üretiminin yanı sıra PAS'nun çevre kirliliği potansiyelini de azaltmaktadır (Önür ve ark., 2016b).

1.7.5. Biyogaz

Sera gazları veya asit yağmurları ile açığa çıkmayan hidrojen, temiz enerji olarak bilinen bir gazdır. Yüksek enerji verimine sahip olan bu gaz yakıt hücrelerinde elektrik üretmek için kullanılabilir. Hidrojen üretimi ve kullanımına olan ilgi bu sebeplerden dolayı artmaktadır. PAS gibi karbonhidratlarca (laktoz) zengin artıkların kullanımı, hidrojen gazı üretimi için ekonomik olarak geçerli bir sebeptir. Hidrojen üretimi seyreltik peyniraltı suyu, peyniraltı suyu tozu çözeltisi ve peyniraltı suyu süzütüsünün anaerobik fermentasyona tabi tutulması ile gerçekleştirilebilir (Önür ve ark., 2016b).

Yüksek oranlarda karbonhidrat (laktoz) içermesi PAS'nu uygun bir hammadde konumuna getirmiş olsa da, işlem görmemiş peyniraltı suyunun oksijensiz ortamda biyolojik parçalanma aşamasında oldukça önemli problemlere sebep olmaktadır. Çünkü yüksek organik madde yükü ve laktozun parçalanmasıyla ortaya çıkan PAS düşük alkaliteye sahiptir. Bu prosese uygun hale getirmek için PAS'na uygun oranlarda seyreltme işlemi, fermentasyon tepkimeleri ve alkali eklenmesi gerekmektedir. Kümes hayvanları gübresi ile PAS

karışımından biyogaz eldesi üzerine yapılan çalışmalarda, PAS'na herhangi bir kimyasal eklenmeden üretimin gerçekleştirilebileceği görülmüştür (Önür ve ark., 2016b).

1.7.6. Starter Kültürler

PAS içeriğinde bulunan laktoz ve diğer bileşenlerin, mikrobiyal gelişime elverişli özelliğe sahip olması nedeniyle PAS çeşitli biyoürünlerin üretimi için potansiyel bir hammaddedir. Çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesinde, çeşitli kimyasalların (etil alkol gibi) ve katma değeri ve besinsel nitelikleri yüksek maddelerin üretimi için PAS ürünlerinin kullanılması amaçlanmaktadır.

Kluyveromyces marxianus, *Lactobacillus bulgaricus* gibi starter kültürler peyniraltı suyundan üretilmektedir. Yapılan bir çalışmada, düşük sıcaklıklarda termal kurutma yöntemi ile starter kültürlerin kurutma işlemi yapılarak masrafları düşürmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, termal olarak kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş starter kültürler peynir olgunlaştırılmasında starter olarak değerlendirilebilmektedir (Önür ve ark., 2016b).

1.8. PAS'nun Membran Filtrasyon Yöntemleriyle İşlenmesi

Membranlar, seçici bir şekilde ayırmanın ve taşınımın gerçekleştirildiği engeller olarak tanımlanabilir. Membran proseslerinin kullanım alanları oldukça geniştir ve PAS'nun işlenmesi, süt endüstrisinde membran işlemlerinin ilk uygulama alanlarından birini temsil etmektedir. Mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ters osmoz (RO) gibi itici gücü basınç olup kullanımı yaygınlaşmış ve elektrodializ (ED), iyon değiştirme (ID) gibi kullanımı yeni ve dikkat çekici membran prosesleri bulunmaktadır (Basette and Acosta, 1988).

1.8.1. Mikrofiltrasyon (MF)

Molekül ağırlığı 50-500 kDa arasında olan moleküllerin karakterize edilmesi için kullanılan basınç destekli (<2 bar) membran ayırma işlemidir. PAS'daki süspansiyon partiküllerin, bakterilerin, yağların ve büyük protein moleküllerinin küçük protein moleküllerinden ayrılmasında MF işlemi kullanılmaktadır. PAS'dan mekanik yolla yağ giderilmesi sınırlı oranda olduğu

için, PAS konsantrisinde yüksek oranda yağ bulunmaktadır. PAS izolatında son ürün içindeki yağ oranının %0,5 den küçük olması istenmektedir (Wagner, 2001).

1.8.2. Ultrafiltrasyon (UF)

Molekül ağırlığı 3-100 kDa arasında olan moleküllerin ayrılması için kullanılan itici gücü basınç olan (1-10 bar) membran ayırma işlemidir. Süt endüstrisinde daha ziyade 10 kDa boyutunda proteinlerin ayrılmasına uygun gözenek yapısındaki UF membranları kullanılmaktadır. Bu tür UF membranları ile PAS konsantrisinde laktoz ayrılarak, proteinin %35'den %85'e konsantre edilmesi mümkün olabilmektedir. Ham maddenin özelliğine bağlı olarak MF ve UF'nun birlikte kullanılması daha uygun ve ekonomik olmaktadır (Wagner,2001; Winston and Sirkar, 1992).

1.8.3. Nanofiltrasyon (NF)

Molekül ağırlığı 100-1000 Da arasında olan moleküllerin ayrılması için kullanılan basınç destekli (5-35 bar) membran ayırma işlemidir. NF membranları, PAS'daki tek yüklü iyonlar haricinde çözünen bileşiklerin büyük bir kısmı ayrılır. Membrandan geçen süzöntü içinde ise, suyla birlikte tek yüklü iyonlar ve bazı organik asitler bulunur. Hinkova ve arkadaşları (2012), spiral sarımlı NF membranları ile yaptıkları bir çalışmada besleme çözeltisinden %85-95 oranında laktoz gideriminin gerçekleştiğini belirtmektedirler. NF membranları ile çok değerli iyonların (Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , PO_4^{3-}) giderimi, tek değerli iyonların (K^+ , Na^+ , Cl^-) gideriminden daha yüksektir (Wagner, 2001; Winston and Sirkar, 1992).

1.8.4. Ters osmoz (RO)

Molekül ağırlığı 200 Da'nın altında olan moleküllerin ayrılmasında kullanılan ve MF, UF ve NF'e göre nispeten daha yüksek basınçların uygulandığı (15-150 bar) membran ayırma işlemidir. RO membranları PAS'daki çözünen bileşiklerin hemen hepsini ayırabilir. Membrandan geçen süzöntü suyu yüksek oranda demineralize edilmiş sudur. RO membranları ile peyniraltı suyu ve UF süzöntüsünün konsantre edilmesi için, çözelti içindeki toplam çözünmüş katı maddenin maksimum değeri %20 oranında olmalıdır (Wagner, 2001; Winston and Sirkar, 1992).

1.8.5. İyon değiştirme (ID)

Katyon değiştirici reğinelerin yapısında negatif yüklü sabit gruplar bulunurken, anyon değiştirici reğinelerin yapısında ise pozitif yüklü sabit gruplar bulunmaktadır. Sulu zeltide bulunan pozitif yüklü iyonlar, katyon değiştirici reğinelerde bulunan hareketli H⁺ iyonları ile yer değiştirirken, negatif yüklü iyonlar ise anyon değiştirici reğinelerin hareketli OH⁻ iyonları ile yer değiştirirler. Böylece tuzundan arındırılmış PAS elde edilmiş olur (Greiter ve ark., 2002).

1.8.6. Elektrodializ (ED)

zeltilerden iyonları ayırmak için iyon değiştirici membranların kullanıldığı elektro-kimyasal bir ayırma tekniğidir. ED işleminde bir yandan tuz derişimi oldukça düşürülmüş seyreltik kısım, diğer yandan iyon derişimi yüksek (konsantre) bileşen ele geçmektedir. ED yöntemiyle tuz giderme seviyesi %90'lara kadar çıkarabilmektedir (Prazeres et al., 2012).

1.9. Dünyada ve lkemizde PAS'nun Değerlendirilmesi

Yapılan araştırmalarda genellikle 1 kg peynir retildeğinde 9 L civarında PAS oluştuğu öngörülmektedir. Buna kapsamda, ülkemizde peynirin üretimine bağlı olarak belirli veriler kullanılarak, oluşan PAS'na ilişkin veriler hesaplanmış izelge 1.3'de sunulmuştur.

Bu sonuçlara göre, 2016 ve 2017'deki inek peyniri üretimi, sırasıyla 638.407 ton ve 662.151 ton'dur. Her yıl Türkiye'de yaklaşık olarak 6 milyon ton PAS açığa çıkmaktadır (izelge 1.3).

Çizelge 1.3 Türkiye’de Peynir Üretimi (TÜİK, 2015-2018)

	İnek Peyniri (Ton)				Diğer Peynir (Koyun, Keçi, Manda veya Karışık Sütlerden Elde Edilen Peynirler) (Ton)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
Ocak	52104	50976	53581	59994	1189	458	323	618
Şubat	50916	50885	48844	56292	922	716	1020	2286
Mart	55936	56494	57613	64560	2407	2094	2270	3123
Nisan	56327	54010	55174	63321	4522	3859	4611	5075
Mayıs	59256	57093	58878	67042	5755	4643	4481	5566
Haziran	58795	56122	54237	60058	4975	3661	4237	4590
Temmuz	51775	48788	53714	64072	3613	2701	3401	3952
Ağustos	51564	54523	56686	*	2426	1642	2497	*
Eylül	49287	49713	54456	*	1358	1443	2025	*
Ekim	51171	53851	56233	*	489	674	1799	*
Kasım	49520	51779	55040	*	304	427	736	*
Aralık	50991	54173	57695	*	337	262	359	*
Toplam Peynir	637642	638407	662151	435339	28297	22580	27759	25210
Toplam PAS	5738778	5745663	5959359	3918051	254673	203220	249831	226890

*Değerler belirtilmemiştir.

TÜİK (2014-2017) resmi kayıtlarına göre 2016’da üretilen PAS tozu ve laktoz miktarı sırasıyla 509.418 ton ve 843 ton iken (Çizelge 1.4) 2016’da açığa çıkan PAS miktarı 6 milyon ton’dur. Bu kıyaslama göz önüne alındığında, böylesine büyük miktarlarda açığa çıkan PAS’nun tam anlamıyla değerlendirilemediği açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 1.4 Türkiye’de PAS Tozu ve Laktoz Üretimi (TÜİK, 2014-2017).

	PAS (Ton)				Laktoz (Ton)			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
Üretim Miktarı	668145	659984	509418	516354	779	43	843	*

*Veri gizli tutulmuştur, belirtilmemiş.

PAS’nun değerlendirilmesinin, dünya genelinde durumuna bakıldığında ise, Avrupa Sütçülük Birliği’nin (EDA) yıllık raporuna göre, PAS tozu üretimi AB-27’de 2012 yılında 2 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

2012'de AB-27'de Eurostat (2014)'e göre 9.3 milyon ton civarında peynir üretilmiş ve bu veriler kullanılarak 2012'de yıllık 83.7 milyon ton PAS AB peynir fabrikalarından açığa çıkmıştır.

Ayrıca, AB-28 ülkelerinde toplam süt ürünleri üretimi 90.7 milyon ton'dur. İçme sütü (toplam üretimin %35'i), PAS (%47), peynir (%10.2), krema (%2.8), süt tozu (%2.3) ve tereyağı ile diğer ürünler (%2.2) yer almaktadır. Avrupa'da İtalya, Almanya ve Fransa'dan sonra yıllık 1,2 milyon ton üretim ile üçüncü sırada peynir üreticisi konumundadır (EUROSTAT,2014).



2. DENEYSEL

2.1. Materyal

2.1.1. PAS tozunun özellikleri ve çözeltinin hazırlanması

Çalışmalarımızda kullanmak için, Tekirdağ'da bulunan Malkara Birlik Süt ve Süt Mamülleri A.Ş.(Maybi) firmasından farklı özelliklerde PAS tozu örnekleri temin edilmiştir. Bu örneklerin özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 PAS toz örneklerinin bileşimi.

Bileşenler (%)	Tatlı PAS Tozu (PST1)	Tatlı PAS Tozu (PST2)
Protein	12.33	11.55
Laktoz	77.94	78.82
Yağ	0.33	0.33
Tuz	2.63	Belirtilmemiştir.
pH	6.67	6.48

Membran ayırma çalışmalarında kullanılacak olan PAS tozu çözeltisi için, temin edilen PST1'in farklı derişimlerde ultrasaf su içinde hazırlanmış çözeltileri (%4, %5, %6) kullanılmıştır. Hazırlanan peyniraltı suyu örneklerinin protein içerikleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü'nde Kjeldahl metodu ile analizlenmiştir. Paralel yürütülen analizlerde 10 ml örnek kullanılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 2.2 'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Tatlı PAS'daki (PST1) protein içeriği

Tatlı PAS	Protein (%)
%4'lük PAS	0.054
%5'lik PAS	0.180
%6'lık PAS	0.312

Membran ayırma çalışmalarında, temin edilen PAS tozlarının ultrasaf su içinde hazırlanmış çözeltilerinin derişim yüzdeliği seçiminde, literatürlerde (benzer çalışmalar) kullanılan ortalama yüzde derişim ve yaptığımız protein analizinde rahatlıkla proteini tespit edebildiğimiz minimum yüzde derişim dikkate alınmış ve %6'lık PAS çözeltisinin kullanılmasına karar verilmiştir.

2.1.2. Membranlar

GE-Osmonics Sepa CF-II membran test hücresinde, 19 cm x 14 cm boyutlarında membranlar yerleştirilerek membran filtrasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 2 farklı NF, 3 farklı UF ve 2 farklı RO membran kullanılmıştır. NF testleri için Dow FilmTech NF-90 ve NF-270 membranları; UF testlerinde Osmonics -PW, -JW ve -GM membranları, RO testleri için ise Dow FilmTech XLE ve BW30 membranları kullanılmıştır. Ayrıca ED çalışmalarında, Neosepta CMX (Kation değiştirici membran) ve AMX (Anyon değiştirici membran) membranları kullanılmıştır. Bu membranların özellikleri Çizelge 2.3-2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.3 NF membranlarının özellikleri (Dow Water & Process Solutions, 2014)

Membran Türü	NF-270	NF-90
Üretici	DOW FILMTEC	DOW FILMTEC
Materyal	İnce Film Kompozit	İnce Film Kompozit
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	45	45
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	41	41
pH Aralığı	3-10	3-10
Serbest Klor Toleransı (ppm)	< 0.1	< 0.1
Stabilize Tuz Giderimi	> % 97.0	> % 85.0
Moleküler Ağırlığı Ayırma Sınırı (dalton)	400	200

Çizelge 2.4 UF membranlarının özellikleri (GE Osmonics Water & Process Technologies, 2014)

Membran Türü	UF-PW	UF-JW	UF-GM
Üretici	GE Osmonics	GE Osmonics	GE Osmonics
Materyal	Polieter sülfon	Poliviniliden florür	Polietilen glikol
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	50	50	50
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	13.79	7.00	13.80
Tipik İşletme Akısı (gfd)	10-25	5-20	5-20
pH Aralığı, Sürekli Çalışma	4-11	2-10	2-10

Çizelge 2.5 RO membranlarının özellikleri (Dow Water & Process Solutions, 2014)

Membran türü	-XLE	-BW30
Üretici	DOW FİLMTEC	DOW FİLMTEC
Materyal	İnce-Film Kompozit	İnce-Film Kompozit
Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	45	45
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	41	41
pH Aralığı, Sürekli Çalışma	2-11	2-11
Süzüntü Akış Hızı (psig(1 bar))	15	15
Maksimum Besleme Çökelti Yoğunluğu Endeksi	SDI 5	SDI 5
Serbest Klor Toleransı (mg/L)	< 0.1	< 0.1

Çizelge 2.6 ED çalışmasında kullanılan iyon değiştirici membranların özellikleri (Astom Corporation, 2017).

Membran	NEOSEPTA CMX	NEOSEPTA AMX
Tipi	Kuvvetli asidik kation geçirgen	Kuvvetli bazik anyon geçirgen
Karakteristik	Yüksek mekanik dayanım (Na-form)	Yüksek mekanik dayanım (Cl-form)
Electric Rezistans ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	2.0 - 3.5	2.0 - 3.5
Patlama dayanımı (kgf/cm^2)	3.5 - 6.0	4.5 - 5.5
Kalınlık (mm)	0.16 - 0.20	0.14 - 0.18

2.1.3. Kimyasallar

Denemeler sırasında ve sonrasında toplanan besleme, konsantre ve süzüntü örneklerinin protein içeriği Kjeldahl-N yöntemiyle, laktoz içeriği HPLC yöntemiyle ve Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ve Ca^{2+} iyon derişimleri ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan kimyasallar ise aşağıda listelenmiştir:

- Derişik H_2SO_4 çözeltisi (Teknik)
- %40'lık NaOH (Teknik)
- %4'lük H_2BO_3 (0.1'lik Brom Cresol Green ve 0.1'lik Metil Red alkolle hazılanır.)
- 0,1 M HCl

- Katalizör (Na_2SO_4 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ve saf selen karışımı)
- Laktoz standart çözeltisi (HPLC için)
- Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ve Ca^{2+} standart çözeltileri (Atomik absorpsiyon için)
- Ultrasaf su (Milli-Q)

2.2. Ekipman

2.2.1 Çapraz akışlı membran test sistemi (SEPA)

Deneysel çalışmaların bir kısmında laboratuvar ölçekli çapraz akışlı düz tabaka membran test ünitesi (SEPA CF II GE Osmonics) kullanılmıştır. Sistem üzerinde membran ünitesi, kontrol paneli, hidrolik el pompası, yüksek basınç pompası ve besleme tankları Şekil 2.1’de görüldüğü gibi özel imal edilen paslanmaz çelik masa üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 2.1 Çapraz akış düz tabaka membran test ünitesi (GE-Sepa CFII Osmonics)

Besleme tankında bulunan %6’lık peyniraltı suyu, yüksek basınç pompası vasıtasıyla (Hydra Cell D/G-03-X Tipi) hücre gövdesinin altında bulunan noktadan membran test ünitesine pompalanmıştır. Peynir altı suyu, test hücresi içine membran yüzeyine teğet olarak giriş yapmaktadır. Peyniraltı suyunun bir

kısmı membran içinden süzülerek, ürün su (süzüntü) olarak hücre gövdesinin üstünde bulunan toplayıcı kanalı ile üretim çıkış hattından alınır. Peyniraltı suyunun membran yüzeyinden geçemeyen kısmı (konsantre) ise, konsantre vanası ile kontrol edilen konsantre hattından alınır. Çalışmalarımızda çoğunlukla süzüntü ve konsantre besleme tankına geri gönderilerek, kapalı döngü olarak çalışılmıştır. Membran hücre basıncı ve konsantre akış hızı, konsantre vanası yardımıyla ayarlanmıştır.

NF-90 ve NF-270 membranları için deneyler sabit basınç altında (10 bar), 4 saat süresince gerçekleştirilirken, PW-UF membranı için farklı basınçlar (4, 6, 8 ve 10 bar) altında, UF-JW ve UF-GM membranları için ise 7 bar basınç altında ve 4 saat süresince gerçekleştirilmiştir. XLE-RO ve BW30-RO membranları ile 20 bar sabit basınç altında 4 saat boyunca çalışılmıştır. Deney süresince, süzüntü ve konsantre, besleme tankına geri beslenerek, konsantre akış hızı sabit tutularak (96 L/saat) kapalı döngü kesikli yöntemle çalışılmıştır. Her 15 dakikada bir sıcaklık, akış hızı, iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü için süzüntüden ve konsantreden örnekler alınmıştır. Diğer tüm analizleri gerçekleştirmek için ise her saat başında, 100 mL'lik numune kaplarına örnekler toplanmıştır.

2.2.1.1. Düz tabaka membran test ünitesi

Membran ünitesi hücre alt gövdesi, hücre üst gövdesi ve hücre tutucudan oluşmaktadır.

- **Hücre alt gövdesi:**

Hücre alt gövdesi üzerinde o-halkalar, (Şekil 2.2a), düz tabaka membran, (Şekil 2.2b) ve besleme ayırıcısı (Şekil 2.2c) vardır.

O-halkalar sistemden sızıntıyı önlemek amacıyla oluklar içinde düz olmalıdır. Besleme ayırıcıları hücre alt gövdesinin merkez boşluğuna yerleştirilmiştir ve düz olarak uzanmaktadır. Besleme ayırıcısı kullanılarak membranın sisteme direkt teması önlenmiştir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 2.2 Hücre alt gövdesi a) o-halkalar ve işaret direği, b) membran, c) besleme ayırıcısı.

İşaret direklerini kullanarak (Şekil 2.2a) membran, gövde üzerinde güvenilir bir pozisyonda tutulabilir. Genelde, substrat üzerine kaplanmış membranlar parlak, aktif bir yüzeye sahiptir. Membran, besleme ayırıcısına doğru parlak ve aktif yüzeyi aşağı gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Konsantre vanası ve konsantre manometresi hücre alt gövdesi ile bağlantıya sahiptir. Konsantre hücrenin çıkışına monte edilen paslanmaz çelik konsantre akış kontrol valfi, membran yüzeyi üzerine doğru akış ve basınç kontrolünü sağlar.



Şekil 2.3 Konsantre vanası ve konsantre manometresi.

- **Hücre üst gövdesi:**

Süzüntü taşıyıcı, hücre üst gövdesi üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Hücre üst gövdesi ve süzüntü taşıyıcısı.

- **Hücre tutucu**

Monte edilmiş hücre gövdesi, hücre tutucu içine yerleştirilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Hücre tutucu.

Hidrolik el pompası, (Enerpac, maksimum basınç 69 bar) hücre tutucuyu basınç altında tutmak için kullanılmaktadır (Şekil 2.6). Hidrolik el pompası mekanizması, hücreyi hızlı bir şekilde kapatır ve mükemmel bir sızdırmazlık sağlamak için homojen bir basınç sağlar.



Şekil 2.6 Hücre tutucu ve hidrolik el pompası.

Çizelge 2.7’de düz tabaka membran test ünitesinin çalışma parametreleri verilmiştir.

Çizelge 2.7 Membran test ünitesi çalışma parametreleri.

Etkin Membran Alanı (cm²)	140
Tutma Hacmi (L)	70
Maksimum Basınç (bar)	69
Maksimum Sıcaklık (°C)	177
pH Aralığı	Membrana bağlı

SEPA CF II membran elemanı hücresi, hücre gövdesine gerçek sıvı akışını sınırlamak üzere tasarlanmıştır. Tutucu, normal çalışma boyunca çözelti ile temas etmez. Tutucu, çözeltinin dökülmesi nedeniyle oluşabilecek oksidasyon ve korozyonu önlemek için yüksek dereceli anodize alüminyumdan yapılmıştır. Genelde kimyasal uyumluluğu sadece hücre gövdesi ile ilgili, tutucu ile ilgili değildir. Test ünitesinin malzemeleri Çizelge 2.8’de verilmiştir. Çizelge 2.9’da düz tabaka membran ünitesi boyutları ve ağırlıkları verilmiştir. Membran, besleme ayırıcısı, süzüntüler, o-halkalar ve hücre gövdesinin tesisat malzemeleri, maksimum sıcaklıkları belirlemektedir (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.8 Test ünitesinin malzemeleri.

Membran Ünite Bölümü	Materyal
Hücre gövdesi	Paslanmaz çelik
Tutucu	Anodize Alüminyum
Konsantre akış kontrol vanası	Paslanmaz çelik
Konsantre basınç ölçer	Paslanmaz çelik
O-halkalar	Viton

Çizelge 2.9 Düz tabaka membran test ünitesi bölümlerinin boyutları ve ağırlıkları.

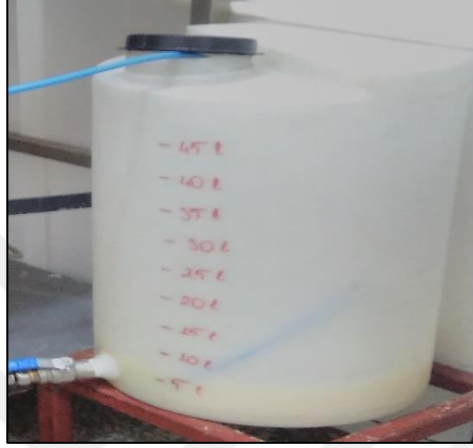
Makine Bölümü	Bölüm Boyutları(cm)	Bölüm Boyutlarının Ağırlığı (kg)
Hücre gövdesi	16.51 x 21.3 x 5.0	28
Tutucu	20 x 28 x 20	21
Membran	19.1 x 14.0	0.5
Süzüntü Taşıyıcı	14.6 x 9.5	0.5

Çizelge 2.10 Üst sıcaklık limitleri.

Hücre	177°C
Membran Elemanı	Değişken
Besleme Ayırıcısı	82°C
Süzüntü Taşıyıcısı	82°C

2.2.1.2. Besleme tankı

Maksimum 50 L kapasiteli yüksek yoğunluklu polietilenden yapılmış besleme tankı kullanılmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Besleme tankı.

2.2.1.3. Yüksek basınç pompası

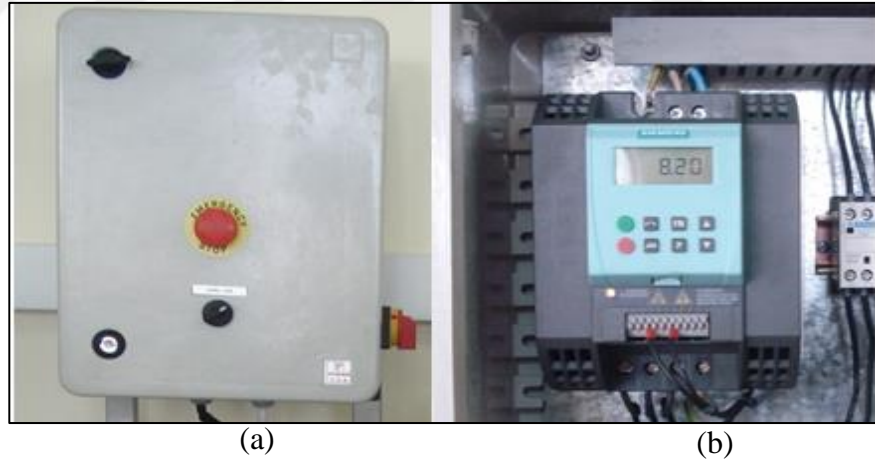
Hydra Cell D/G-03-X tip yüksek basınç pompası kullanılmıştır. Maksimum kapasitesi 11.3 L/dak ve maksimum basıncı 70 bar'dır. Yüksek basınç pompası besleme akış hızını ayarlamak için bir dijital değişken frekanslı enerji (Siemens) ile donatılmıştır ve 1.1 kW motor gücündedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Yüksek basınç pompası.

2.2.1.4. Kontrol paneli

Dijital değişken enerji frekansı, kontrol paneli içine yerleştirilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Kontrol paneli (a) ve frekans ayarlama (b) sistemi.

2.2.2. Elektrodializ Test Sistemi (ED)

Deneysel çalışmalarda, peyniraltı suyundaki Na^+ , K^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının giderilmesi amacıyla elektrodializ yöntemi kullanılmıştır. Deneylede Japon Tokuyama firması tarafından üretilen Tokuyama TS-1-10 model ED cihazı kullanılmıştır. Etkin alanı 1 dm^2 olan Neosepta CMX (katyon değiştirici membran) ve AMX (anyon değiştirici membran) kodlu mekanik dayanımı yüksek,

standart tür iyon değiştirici membranlardan 10 çift içeren ED hücresi, platinlenmiş titan anot ve paslanmaz elik katot elektrotlar ile maksimum 18V ve 3A kapasitesinde bir doğru akım güç kaynağı ve kontrol birimine sahiptir. Bu sistem, her biri 1L kapasiteye sahip seyreltik, konsantre ve elektrot durulama çözeltisini içinde bulunduran 3 çözelti tankına ve çözeltiyi tanktan membran yığınına taşımak için magnetik pompalara (maksimum 5.5 L/dak) sahiptir.

Neosepta membranları Tokuyama firması tarafından geliştirilen iyon değişim membranlarıdır. Bu membranların özellikleri izelge 2.6'da 'Membranlar' başlığı altında verilmiştir.

2.2.3. lüm Ekipmanları

2.2.3.1. pH metre

PAS rneklerinin toplam çözünmüş katı (TK), iletkenlik, tuzluluk ve sıcaklık ve pH ölçümleri, taşınabilir Hach Lange-HQD model ile gerçekleştirilmiştir (şekil 2.10).



şekil 2.10 Taşınabilir Hach Lange-HQD iletkenlik ler.

2.2.3.2. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS)

Na^+ , K^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyon derişimleri, Shimadzu AA-7000 Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile belirlenmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Shimadzu AA-7000 Model atomik absorpsiyon spektrofotometresi.

2.2.3.3. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)

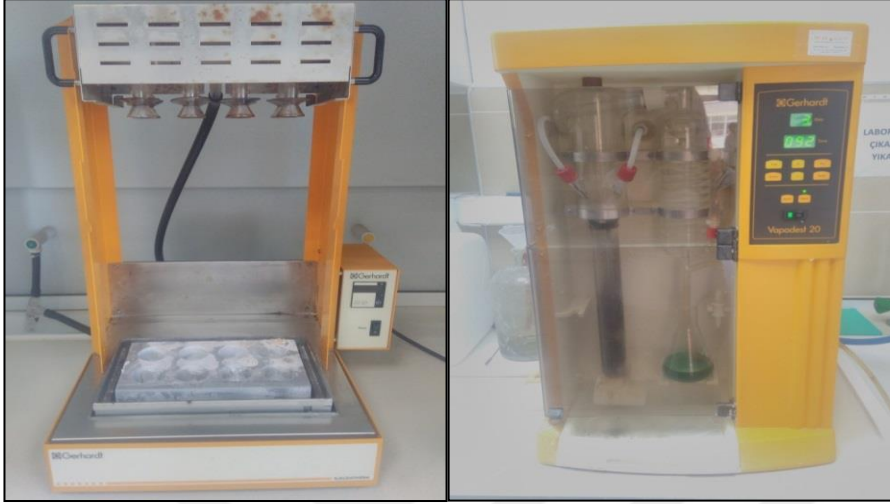
Peyniraltı suyu örneklerindeki laktoz içeriği, Agilent Technologies 1200 Model Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile belirlenmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Agilent Model Yüksek Performanslı Sıvı Komatografisi

2.2.3.4. Kjeldahl azot-protein cihazı

Peyniraltı suyu örneklerindeki protein içeriği, Gerhardt Vapodest 20S Kjeldahl Azot- Protein Tayin Cihazı ile belirlenmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Gerhardt Kjeldahl Azot- Protein Tayin Cihazı

2.3. Analitik Yöntemler

2.3.1. AAS analizi

Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} iyon derişimleri, Shimadzu AA-7000 Model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak sırasıyla 589 nm, 766.5 nm, 285.2 nm ve 422.7 nm dalgaboyunda ölçüm yapılarak belirlenmiştir.

Öncelikle standart çözeltiler ile kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Bilinmeyen örneklerin derişimleri, elde edilen kalibrasyon eğrisinden hesaplanmıştır.

2.3.2. HPLC analizi

Peyniraltı suyundaki laktoz içeriği, RI dedektörlü Agilent 1200 Model Yüksek Performanslı Sıvı Komatografisi cihaz kullanılarak, mobil faz olarak 0.6 ml/dk akışta ultrasaf su, 65°C kolon sıcaklığında kolondan (Bio Rad HPX-87H kolonu) geçirilerek belirlenmiştir.

Öncelikle standart laktoz çözeltileri ile kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Laktoz konsantrasyonu bilinmeyen peyniraltı suyu örneklerinin derişimleri, elde edilen kalibrasyon eğrisinden hesaplanmıştır.

2.3.3. Kjeldahl metodu ile protein analizi

Peyniraltı suyundaki protein içeriğinin tespitinde Kjeldahl metodu kullanılmıştır. Bu metodun prensibi; azot içeren örneğin belli bir miktarının H_2SO_4 ile yakılarak içindeki tüm azotun $(NH_4)_2SO_4$ 'a dönüştürülmesi, çözeltinin bazikleştirilmesi ve açığa çıkan NH_3 'ın damıtılıp belli standart bir asit çözeltisi içinde toplandıktan sonra nötrleşmeyen fazla asit miktarının titrasyonla saptanmasıdır.

Kjeldahl yöntemi üç aşamada yapılır.

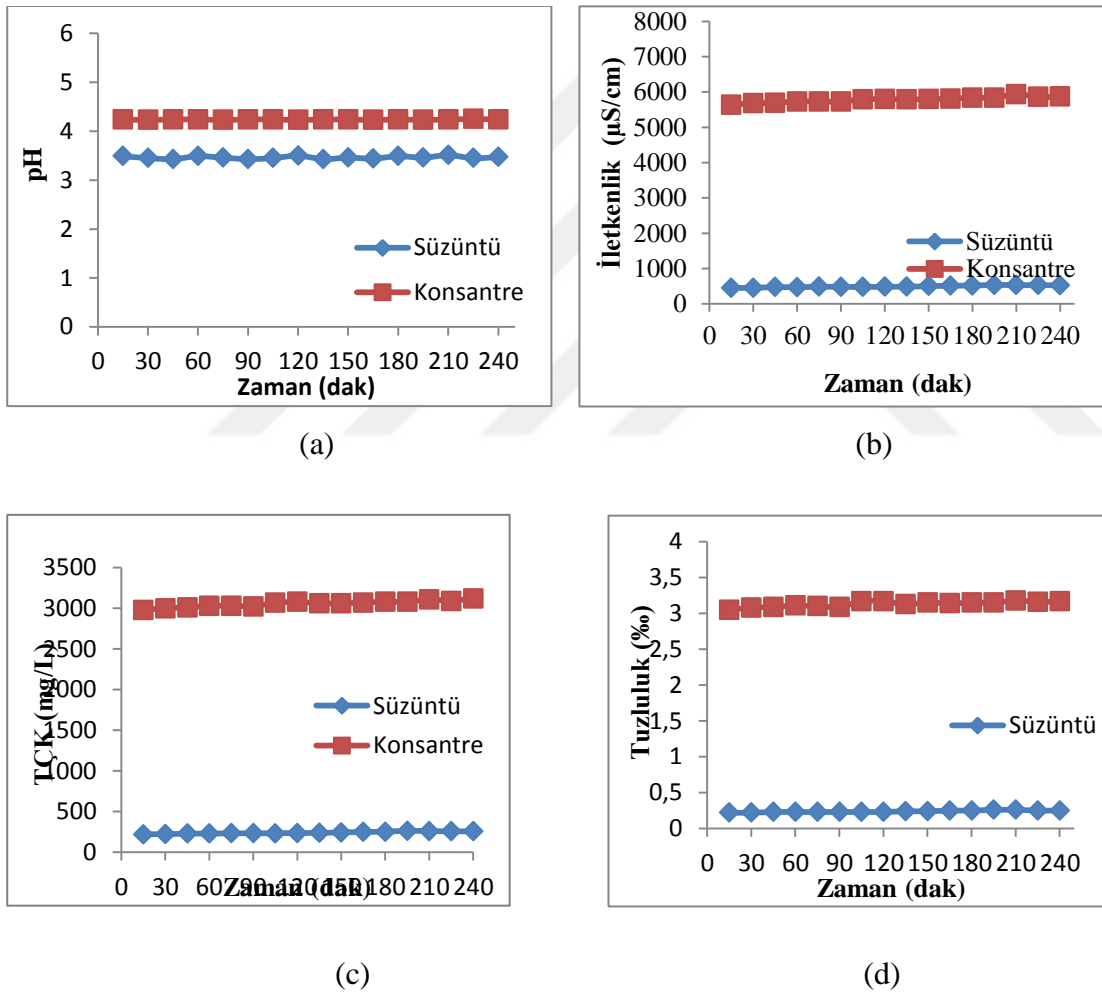
- Örnekteki organik maddelerin yaş oksidasyonu (yakma).
- Organik maddelerin yaş oksidasyonu sonucu oluşan NH_3 'ın NaOH kullanılarak serbest hale getirildikten sonra damıtılması ve belli miktar ayarlı bir asit içinde tutulması (damıtma).
- NH_3 tarafından nötrleştirilemeyen ayarlı asit çözeltisinin ayarlı bir bazla titre edilmesi ve toplam azotun hesaplanması (titrasyon).

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

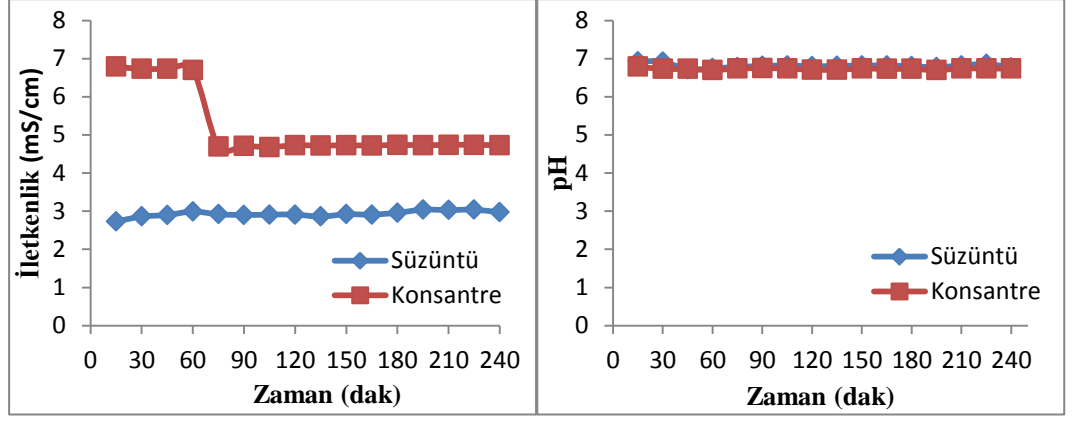
3.1. Tek Aşamalı Membran Testleri

3.1.1. NF membranları ile yapılan testler

Bu çalışmada kullanılan %6'lık PAS çözeltisi, PAS tozu (PST1) kullanılarak hazırlanmıştır. NF-90 membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantre bileşenlerindeki pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı (TÇK) ve tuzluluk değerleri Şekil 3.1a-d'de karşılaştırılmıştır. NF-270 membranı ile elde edilen sonuçlar ise Şekil 3.2a-d'de verilmiştir.

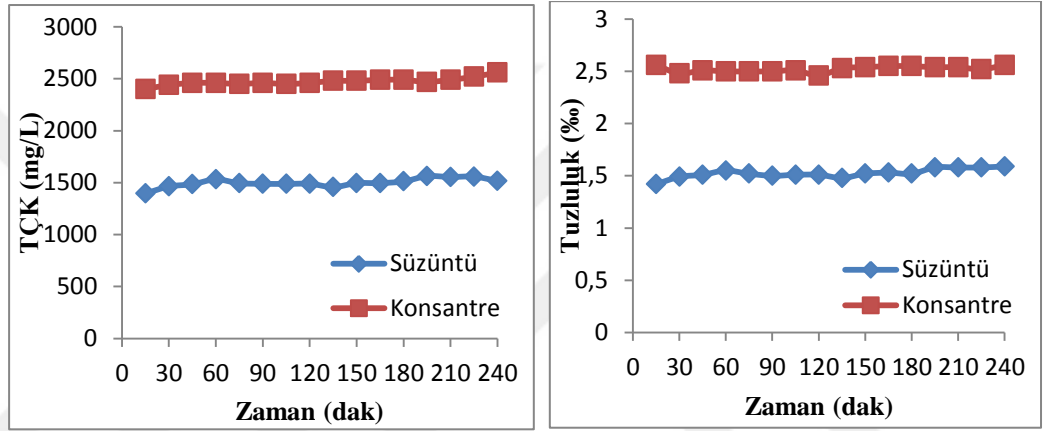


Şekil 3.1 NF-90 membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme



(a)

(b)

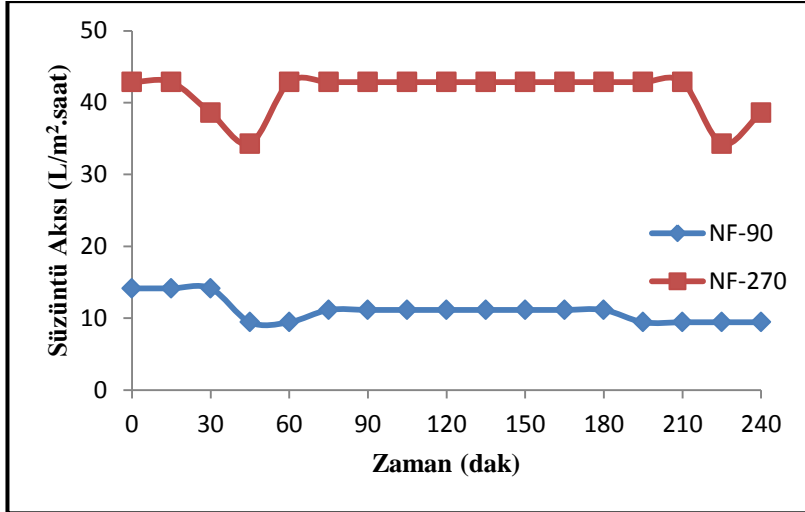


(c)

(d)

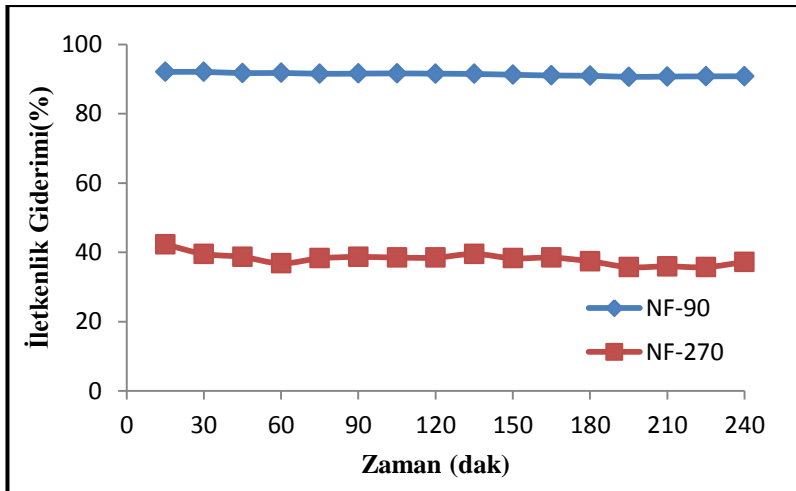
Şekil 3.2 NF-270 membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme

NF-270 membranın süzöntü akısı ortalama $41.3 \text{ L/m}^2\text{saat}$ iken, NF-90 membranının ortalama süzöntü akısı ise $10.8 \text{ L/m}^2\text{saat}$ olarak bulunmuştur. NF membranlarının zamana karşı süzöntü akıları Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



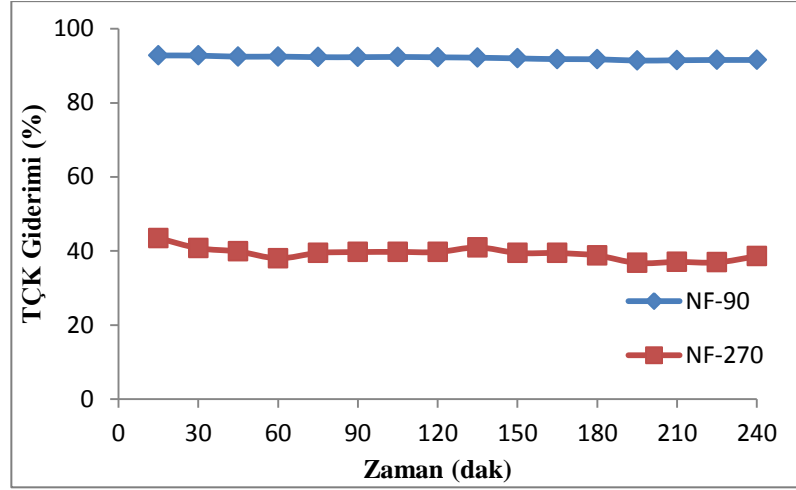
Şekil 3.3 NF membranları ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri.

NF-270 membranının ortalama iletkenlik giderimi %38.1'dir. NF-90 membranının ortalama iletkenlik giderimi ise %91.3'dür. Zamana karşı iletkenlik giderim grafikleri Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



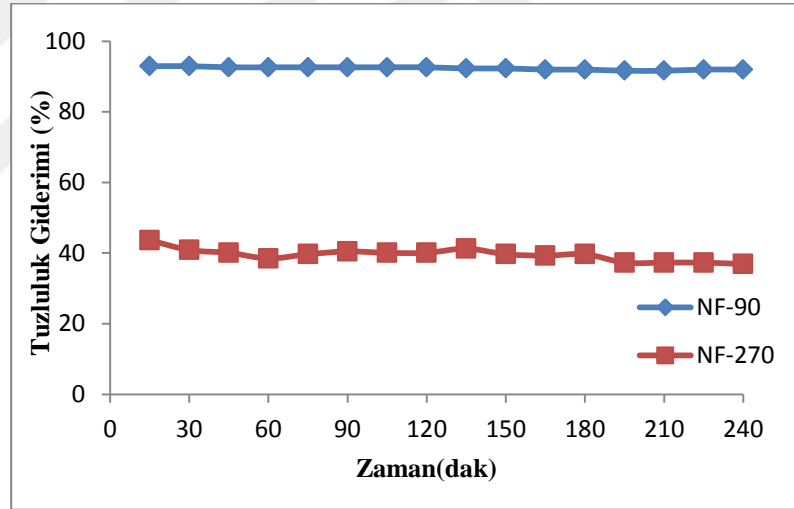
Şekil 3.4 NF membranları ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.

NF-270 membranı ile ortalama TÇK giderimi %32.3'dir. NF-90 membranının ortalama TÇK giderimi ise %92.1'dir. NF membranlarının zamana karşı TÇK giderimleri Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



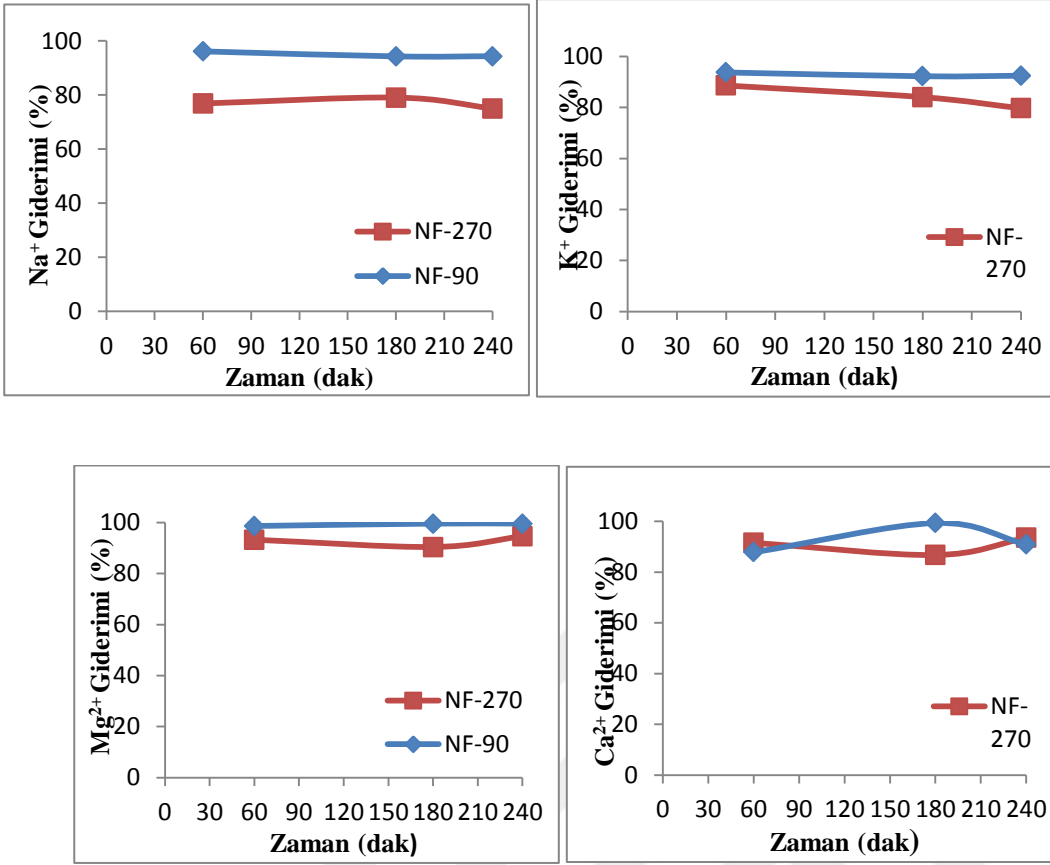
Şekil 3.5 NF membranları ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.

NF-270 membranının ortalama tuzluluk giderimi %39.5 iken, NF-90 membranının ortalama tuzluluk giderimi ise %92.3'dür. NF membranlarının zamana karşı tuzluluk giderimleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 NF membranları ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi

Elde edilen sonuçlara göre, NF-90 membranının peynir altı suyundan tuz gideriminde NF-270 membranına göre daha başarılı bir membran olduğu anlaşılmıştır. NF membranlarının iyon giderimleri Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 NF-90 ve NF-270 membranları ile peyniraltı suyundan Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ iyonlarının giderimi.

PAS'dan monovalent iyonların gideriminde NF-90 daha iyi iken, divalent iyonların gideriminde heriki membranda iyi bir performans sergilemiştir.

NF-90 ve NF-270 membranı ile elde edilen konsantre bileşenlerdeki protein içeriğini belirlemek için, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü'nde Kjeldahl metodu ile protein analizi yaptırılmıştır. Çizelge 3.1'de NF-90 ve NF-270 konsantrelerinin protein içeriği verilmiştir. Çizelge 11'de verilen sonuçlara göre, NF membranlarını kullanarak peyniraltı suyundaki protein içeriğini NF membranları ile konsantre etmek mümkün olmaktadır. Konsantre etme oranı NF-90 membranı ile 2.7 kat civarında iken NF-270 membranı ile bu değer 2.5 kat civarındadır.

Çizelge 3.1 NF-90 ve NF-270 membranlarının konsantre bileşenlerindeki protein miktarları

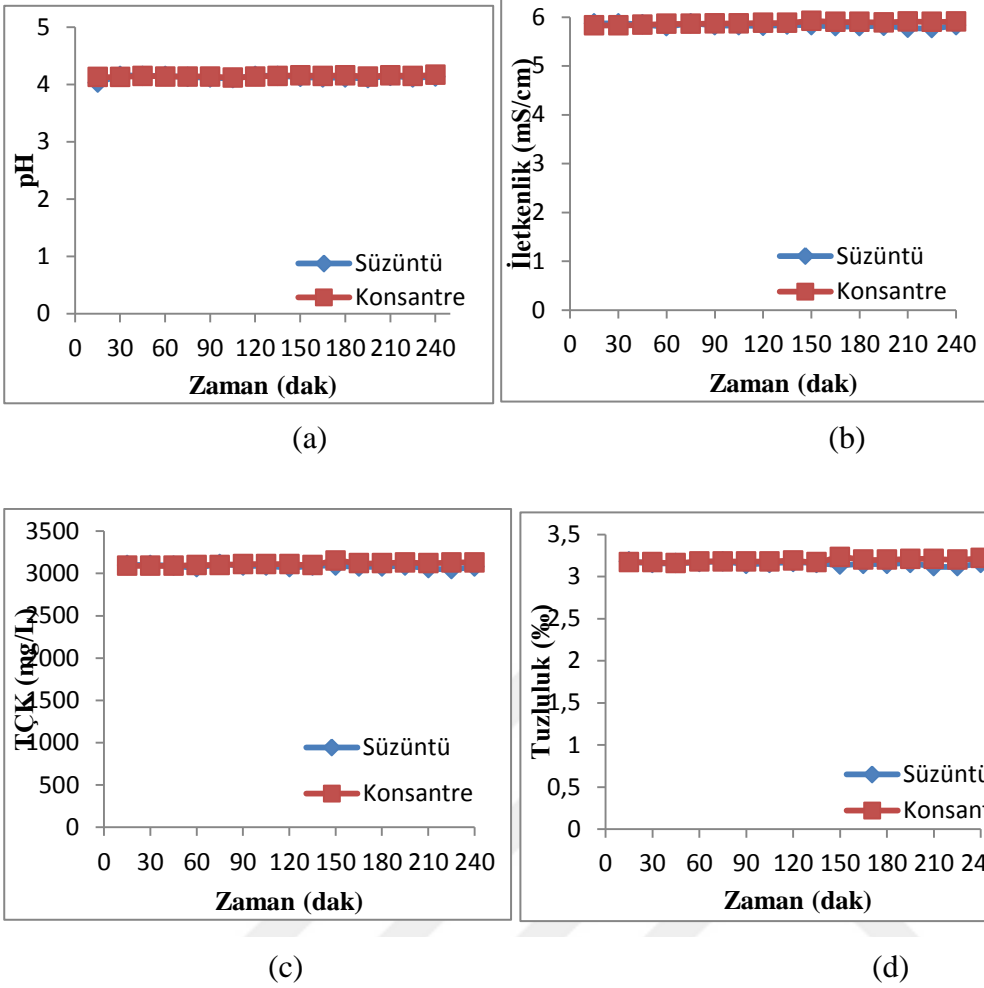
Örnekler	Protein (%)	C/C ₀
Besleme (PST1, %6)	0.312	-
NF-90 Konsantre	0.828	2.7
NF-270 Konsantre	0.772	2.5

3.1.2. UF membranları ile yapılan testler

3.1.2.1. UF-PW membranı ile yapılan testler

UF membran filtrasyon çalışmalarında kullanılan %6'lık PAS çözeltisi, PAS tozu (PST1) kullanılarak hazırlanmıştır.

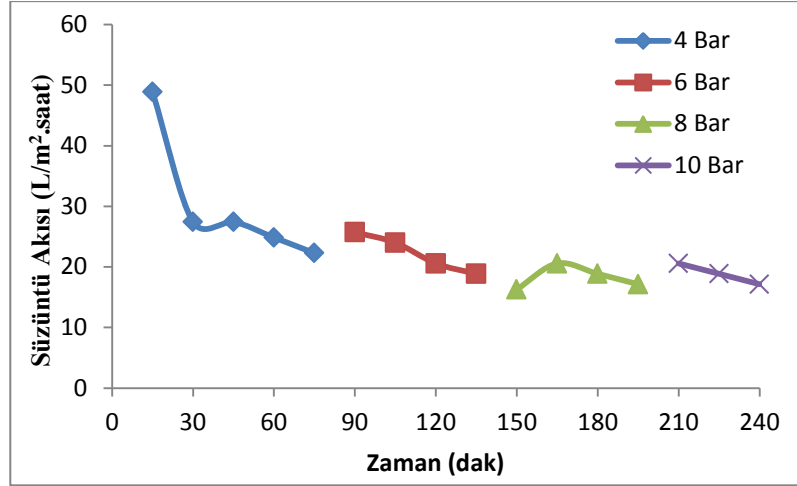
Çalışmalar boyunca PW-UF membranı ile farklı basınçlar altında (4, 6, 8, 10 bar) denemeler yapılmıştır. PW-UF membranı ile yapılan deney süresince her 15 dakikada bir süzüntü ve konsantrede iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümleri için örnekler alınmıştır. PW-UF membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk Şekil 3.8a-d'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.8 PW-UF membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantrenin zamanla artan basınç (4,6,8 ve 10 bar) koşullarında a) pH b) iletkenlik c)TÇK d) tuzluluk değerleri

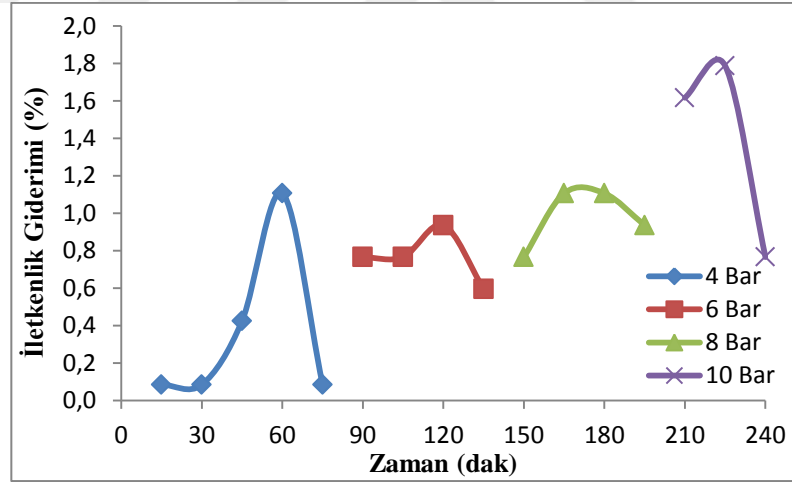
PW-UF membranı farklı uygulama basınçlarında elde edilen ortalama süzöntü akıları şöyledir: 4 bar: 33.3 L/m².saat; 6 bar: 22.3 L/m².saat; 8 bar: 18.2 L/m².saat; 10 bar: 18.8 L/m².saat' dir.

Zamana karşı süzöntü akılarının değişimi Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, zamanla membranda oluşan tıkanma neticesinde, uygulama basıncı arttırılsa bile süzöntü akısı membran yüzeyinde oluşan birikme nedeniyle azalmıştır.



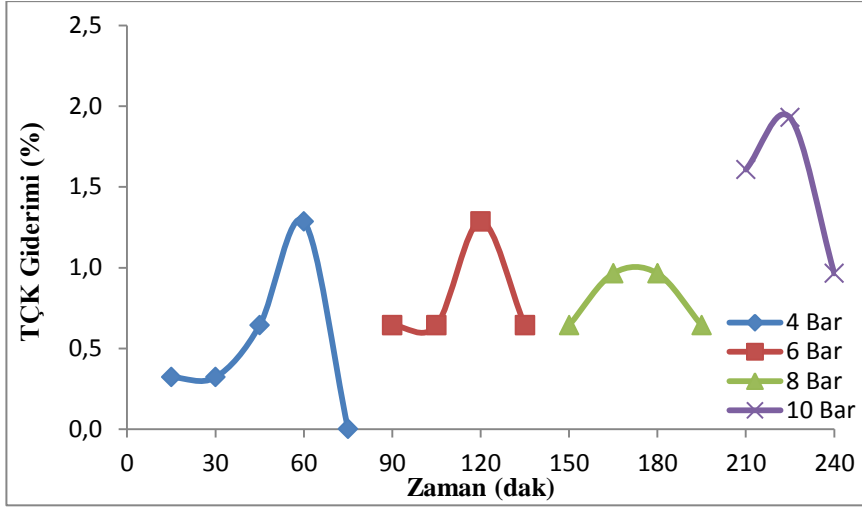
Şekil 3.9 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının süzüntü akısı değerleri.

PW-UF membranının 4 bar basınç altında ortalama iletkenlik giderimi %0.36; 6 bar basınç altında %0.77; 8 bar basınç altında %0.98 ve 10 bar basınç altında ise %1.40'dır. PW-UF membranı ile farklı uygulama basınçlarında zamana karşı iletkenlik giderim grafiği Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



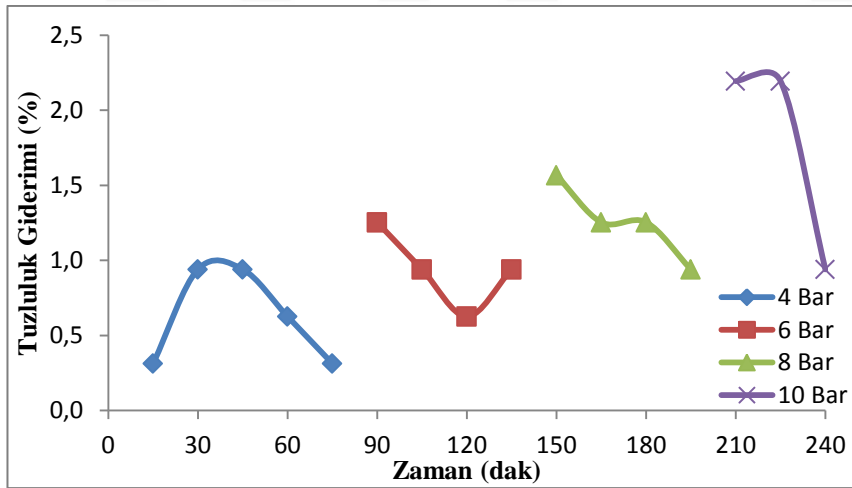
Şekil 3.10 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının iletkenlik giderimi.

TÇK giderimleri, iletkenlik giderimleri ile aynı düzeyde gerçekleştirilmiştir. PW-UF membranının 4 bar basınç altında ortalama TÇK giderimi %0.51, 6 bar basınç altında %0.80, 8 bar basınç altında %0.80 ve 10 bar basınç altında ise ortalama iletkenlik giderimi % 1.50'dir. Zamana karşı TÇK giderim grafiği Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının TÇK giderimi.

PW-UF membranının 4 bar basınç altında ortalama tuzluluk giderimi %0.63, 6 bar basınç altında %0.94, 8 bar basınç altında %1.3 ve 10 bar basınç altında ise %1.8 olarak bulunmuştur. Zamana karşı tuzluluk giderim grafiği, Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü gibi UF membranı ile yapılan filtrasyon işleminde tuz iyonları membranın süzöntü tarafına geçmektedir. Basınç arttırılsa bile membranın tuzluluk gideriminde çok az bir artış görülmektedir.



Şekil 3.12 Uygulanan farklı basınçlarda PW-UF membranının tuzluluk giderimi.

PW-UF membranının konsantre akımı içinde zenginleşen protein içeriğini belirlemek için Kjeldahl metodu ile N analizi yapılmış, protein içeriği hesaplanmıştır. Çizelge 3.2’de PW-UF membranının konsantre kısmındaki hesaplanan protein içeriği verilmiştir.

Çizelge 3.2 UF-PW membranının konsantre kısmında protein miktarı

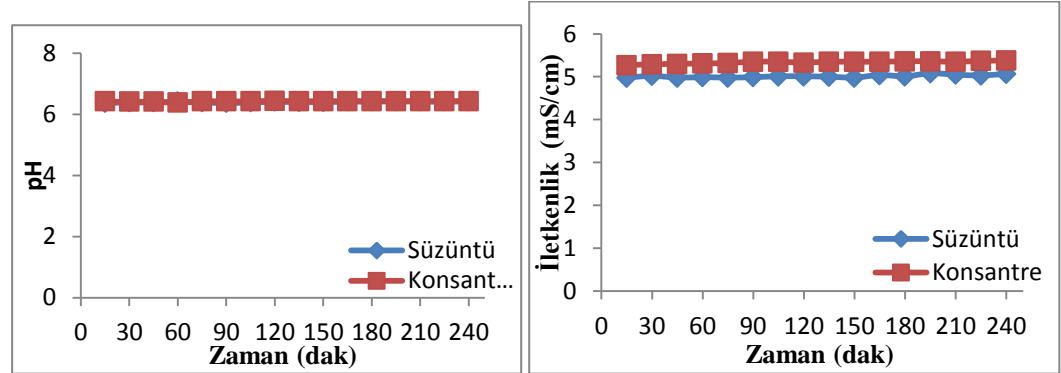
Örnekler	Protein (%)	C/C ₀
Peynir altı tozu suyu-%6 (PST1)	0.312	-
PW-Konsantre	0.815	2.6

Çizelge 3.2'den de görüleceği gibi, peyniraltı suyunda bulunan proteinler, UF membranının konsantre kısmında 2,6 kat oranında zenginleşmiştir. Böylece UF membranı kullanıldığında; peyniraltı suyunun içindeki iyonlar süzüntü kısmına geçerken, protein ise konsantre kısmında kalacak, bu sayede peyniraltı suyunun fraksiyonlarına ayrılması gerçekleşecektir.

PW-UF membranı ile gerçekleştirilen ikinci bir çalışmada uygulanan basınç 8 bar olarak sabit tutularak membran testi gerçekleştirilmiştir.

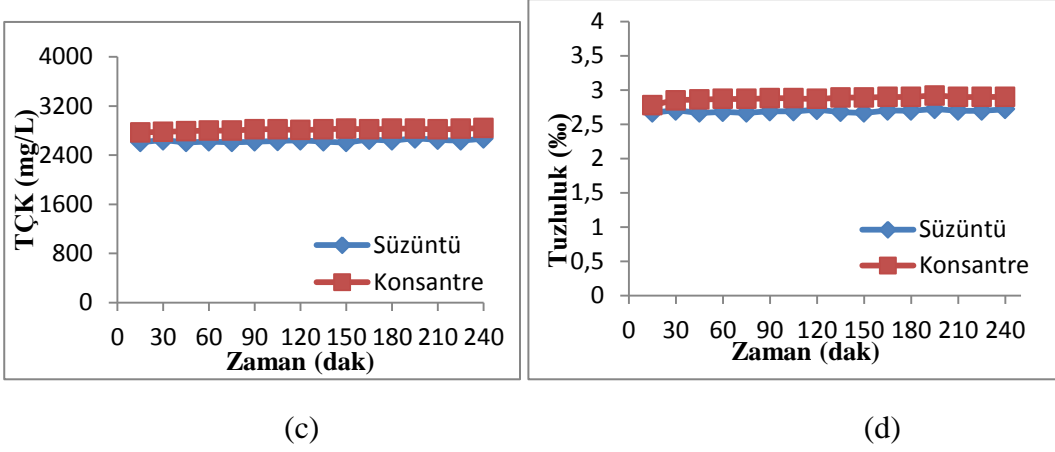
Bu çalışmada kullanılan %6'lık peynir altı suyu çözeltisi, tatlı peyniraltı suyu tozu (PST2) kullanılarak hazırlanmıştır.

PW-UF membranı kullanılarak elde edilen süzüntü ve konsantre bileşendeki pH, iletkenlik, TÇK, ve tuzluluk değerleri Şekil 3.13a-d 'de karşılaştırılmıştır.



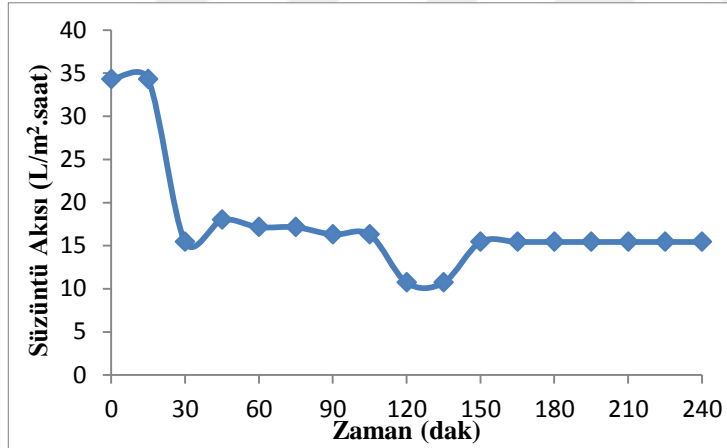
(a)

(b)



Şekil 3.13 UF-PW membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre bileşenlerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerleri

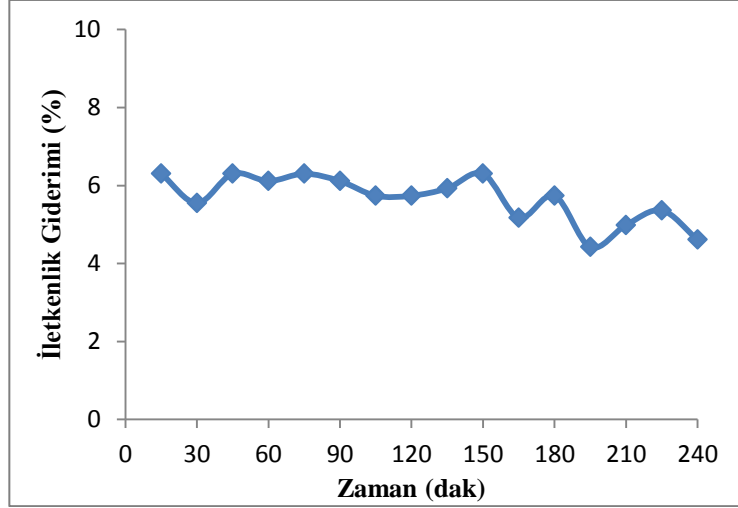
Uygulanan 8 bar basınç altında UF-PW membranının süzüntü akısı ortalama %17.6'dır. PW-UF membranı için zamana karşı süzüntü akılarının değerleri kaydedilmiştir. Zamana karşı süzüntü akısı değişim grafikleri Şekil 3.14'de



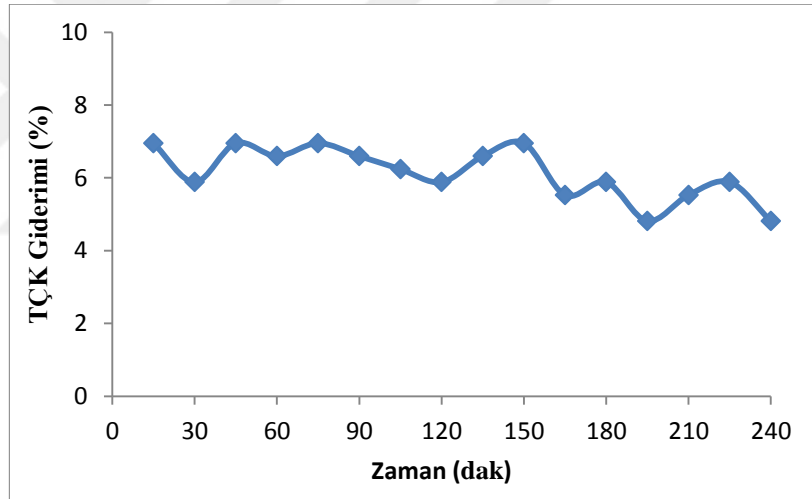
gösterilmiştir.

Şekil 3.14 PW-UF membranının süzüntü akısının zamana karşı değişimi (P: 8 Bar)

PW-UF membranının 8 bar basınç altında ortalama iletkenlik giderimi %5.7 olarak bulunmuştur. Bu membranla zamana karşı iletkenlik giderim grafiği Şekil 3.15'de, TÇK giderimi ise Şekil 3.16'da gösterilmiştir. PW membranı ile 8 bar basınç altında ortalama tuzluluk giderimi %6'dır. Zamana karşı tuzluluk giderim grafiği, Şekil 3.17'de görülmektedir.

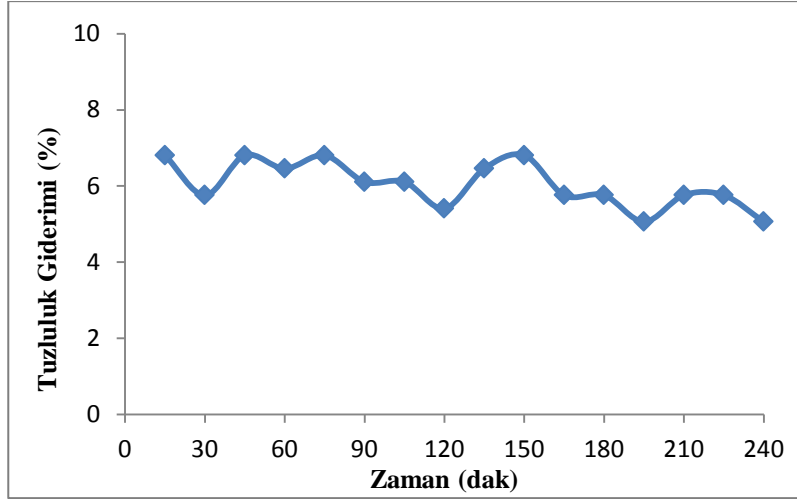


Şekil 3.15 PW-UF membranı ile iletkenlik giderimi



Şekil 3.16 PW-UF membranı ile TÇK giderimi

PW-UF membranı ile 8 bar'da gerçekleştirilen filtrasyon işleminde de tuz giderimi çok yüksek oranda değildir. Dolayısıyla PW-UF membranının PAS'dan laktoz ve tuzun membranın süzöntü kısmına ayrılmasında uygun bir membran olabileceği düşünülmüştür. Öte yandan çalışmanın ilk 30 dakikasında süzöntü akısı büyük oranda azalarak dengeye ulaşılmıştır. Süzöntü akısındaki azalmanın membranın gözeneklerinin hızla tıkanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

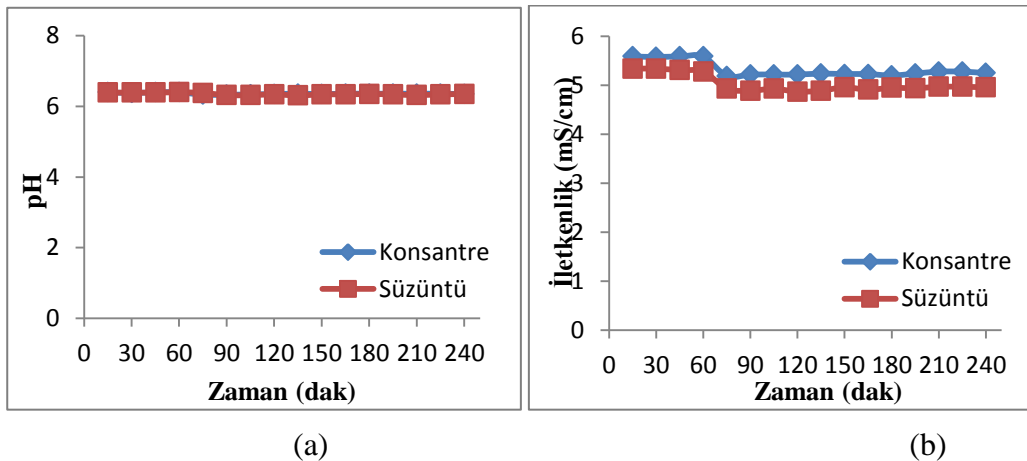


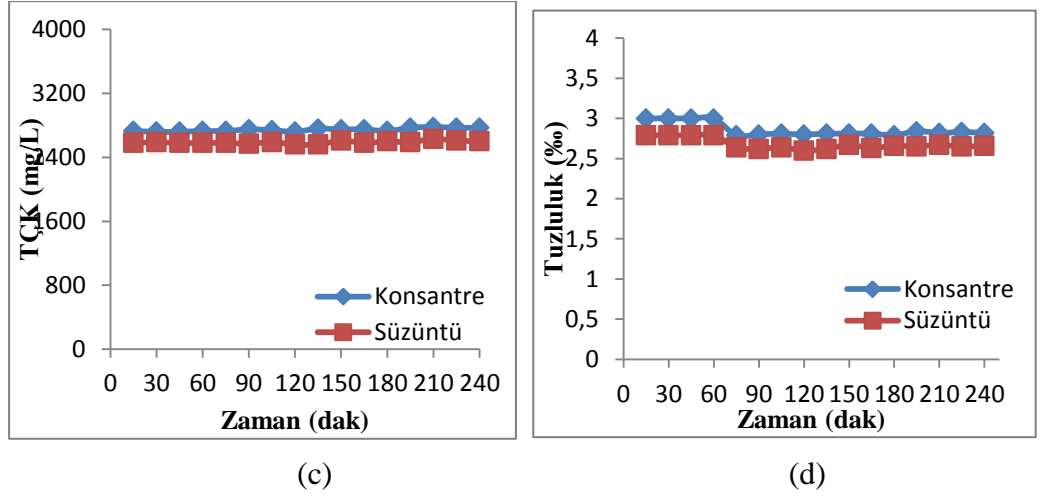
Şekil 3.17 PW-UF membranının tuzluluk giderimi.

3.1.2.2. JW-UF membranı ile yapılan testler

Bu çalışmada kullanılan %6'lık PAS çözeltisi, PAS tozu kullanılarak hazırlanmıştır.

JW-UF membranı ile 7 bar basınç uygulanarak yapılan deney süresince her 15 dakikada bir süzüntü ve konsantre örneklerinde iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü yapılmıştır. JW-UF membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerindeki pH, iletkenlik, TÇK, tuzluluk Şekil 3.18a-d'de karşılaştırılmıştır.

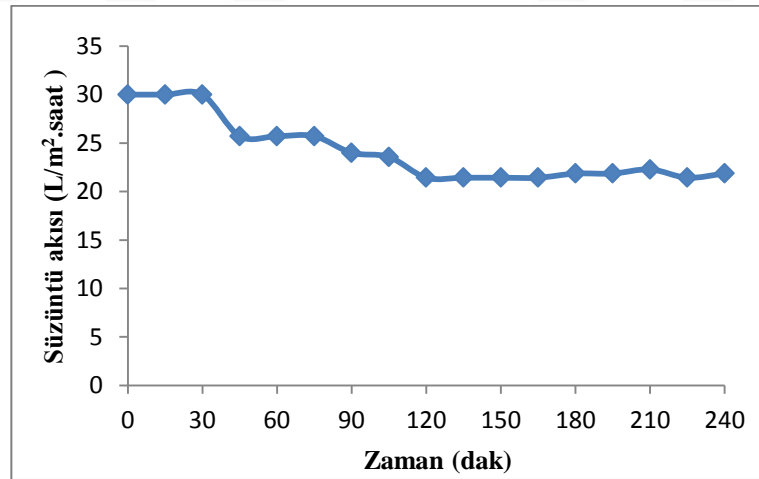




Şekil 3.18 JW-UF membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK d) tuzluluk değışim değeri

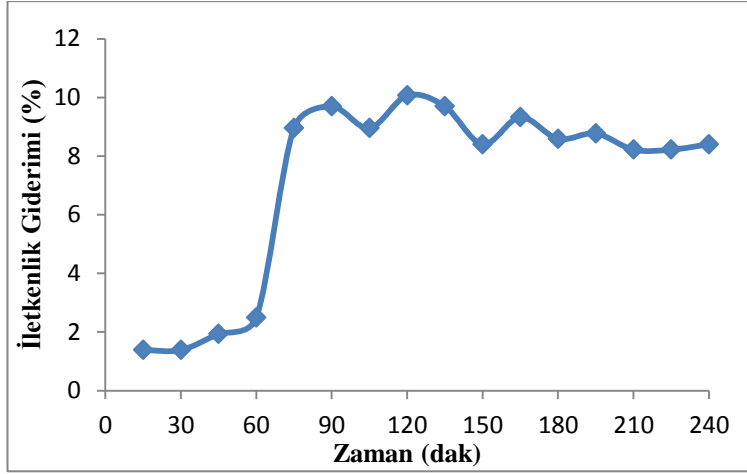
JW-UF membranı için zamana karşı süzöntü akısı değeri kaydedilmiştir. 7 bar uygulama basıncı altında UF-JW membranın süzöntü akısı ortalama 24.1 L/m²saat'dir. UF-PW membranın olduğu gibi süzöntü akısı denemenin ilk 1-2 saat aralığında azalmış; daha sonra deneye ulaşmıştır.

Zamana karşı süzöntü akı değeri Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



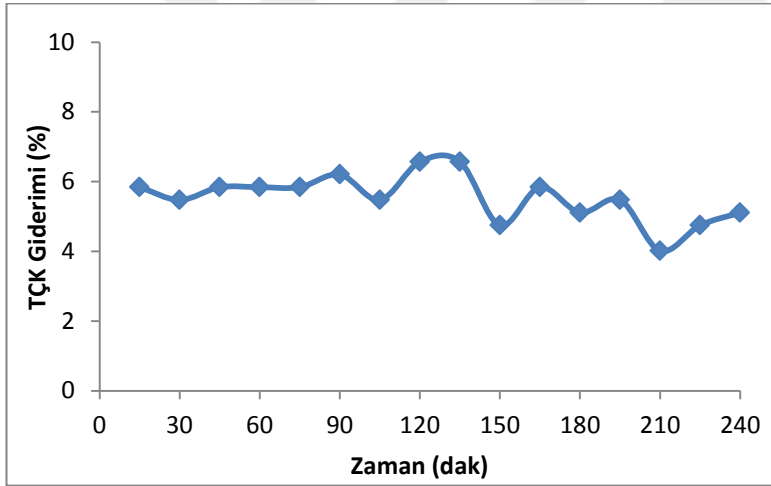
Şekil 3.19 JW-UF membranın süzöntü akısının zamanla değışimi

Zamana karşı iletkenlik giderimi Şekil 3.20'de gösterilmiştir. UF-JW membranı ile 7 bar basınç altında maksimum iletkenlik giderimi %8-10'dur.



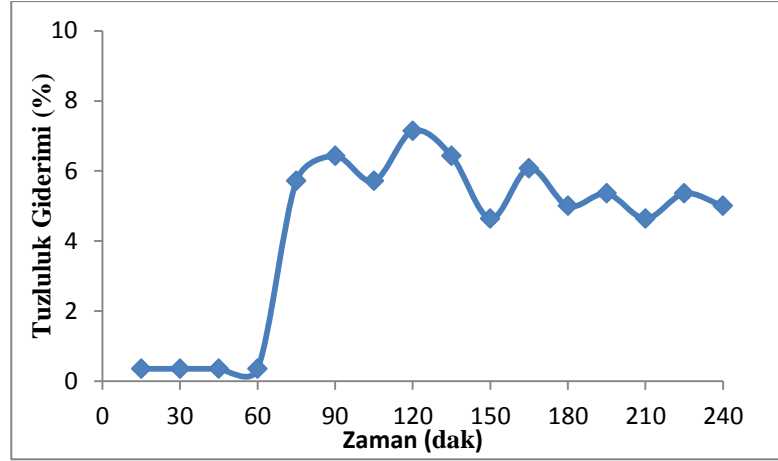
Şekil 3.20 JW-UF membranı ile zamana karşı iletkenlik giderimi.

TÇK giderimleri, iletkenlik giderimleri ile aynı düzeyde gerçekleştirilmiştir. JW-UF membranının 7 bar basınç altında maksimum TÇK giderimi %4-6'dır. Zamana karşı TÇK giderimi Şekil 3.21'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21 JW-UF membranının TÇK giderimi.

JW-UF membranının zamana karşı tuzluluk giderimi Şekil 3.22'de gösterilmiştir. 7 bar basınç altında maksimum tuzluluk giderimi %5-6'dır. Aynı PW-UF membranında olduğu gibi, JW-UF membranının da tuz giderimi çok yüksek oranda değildir. Dolayısıyla JW-UF membranının da PW-UF membranı gibi PAS'dan laktozun ve tuz iyonlarının membranın süzüntü kısmına geçip; proteinin ise konsantre kısımda zenginleşmesi için uygun bir membran olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 3.22 JW-UF membranı ile tuzluluk giderimi.

JW-UF membranı ile yapılan deneme sonunda, konsantre akımı içindeki protein içeriğini belirlemek için Kjeldahl metodu ile N analizi, yağ içeriğini belirlemek için ise Gerber metodu kullanılarak yapılmış ve Çizelge 3.3'da verilmiştir. Aynı zamanda besleme çözeltisi, konsantre ve süzüntüdeki laktoz içeriği HPLC metodu ile belirlenerek Çizelge 3.4'de laktoz analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.3 JW-UF membran denemesi sonucu protein ve yağ içeriği

Örnekler	Protein (%)	C/C ₀	Yağ (%)
JW-Besleme(PST2)	0.799		0
JW-Konsantre (1.saat)	0.799	1.000782	0
JW-Konsantre (2.saat)	0.823	1.030528	0
JW-Konsantre (3.saat)	0.839	1.050881	0

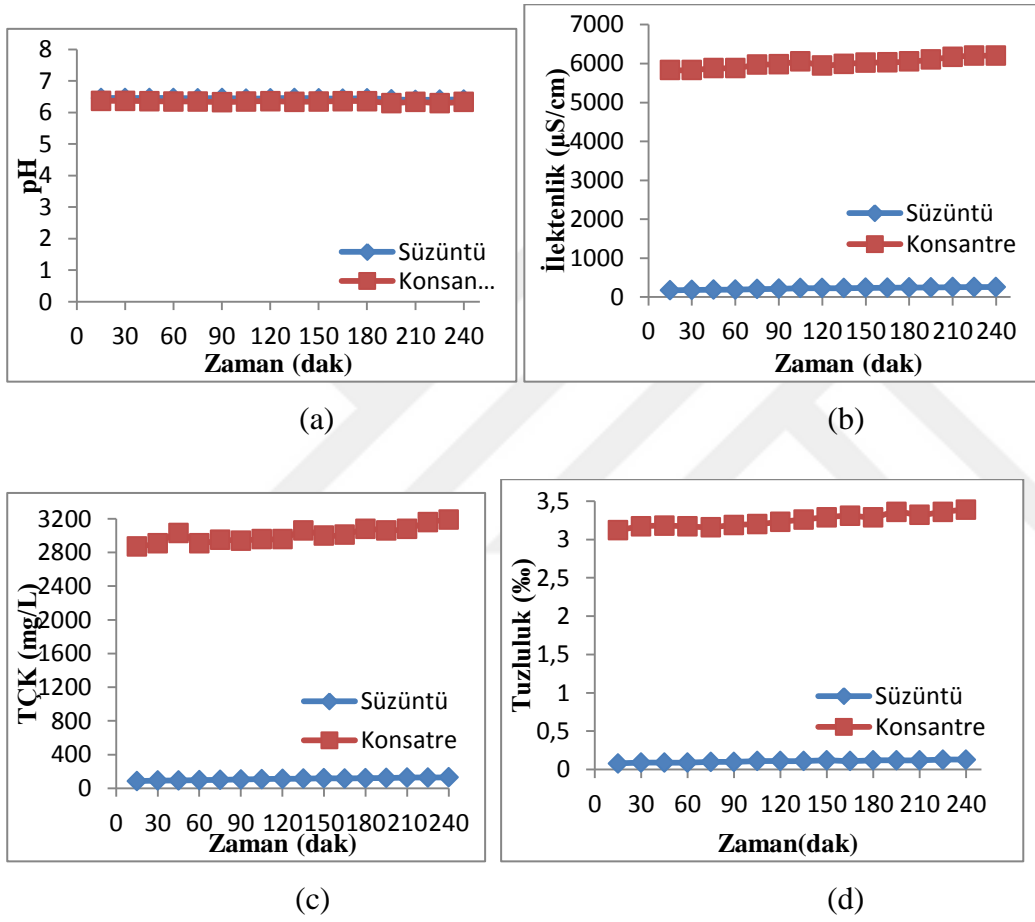
Çizelge 3.4 JW-UF membran denemesi sonucu laktoz içeriği

Örnekler	Laktoz (%)
JW-Besleme (PST2)	2.83
JW-Süzüntü	2.47
JW-Konsantre	2.89

3.1.3. RO membranı ile yapılan testler

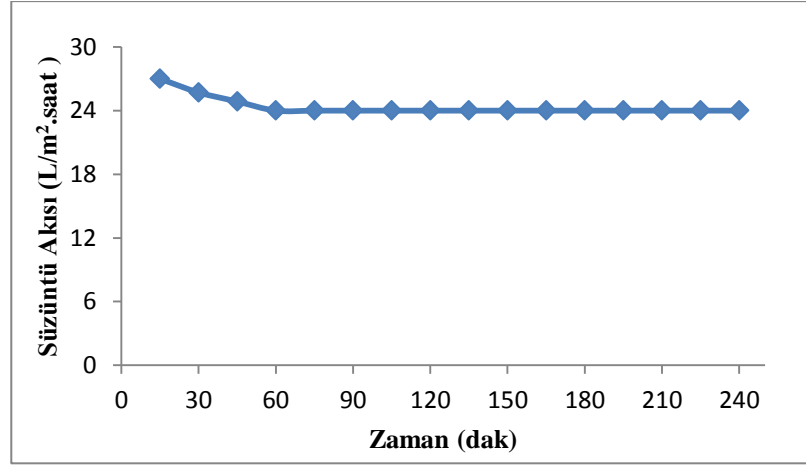
Bu çalışmada kullanılan %6'lık PAS çözeltisi, PAS tozu (PST2) kullanılarak hazırlanmıştır.

RO-XLE membranı ile yapılan deneyler süresince her 15 dakikada bir süzüntü ve konsantrede iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü yapılmıştır. XLE-RO membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Şekil 3.23a-d'de karşılaştırılmıştır.



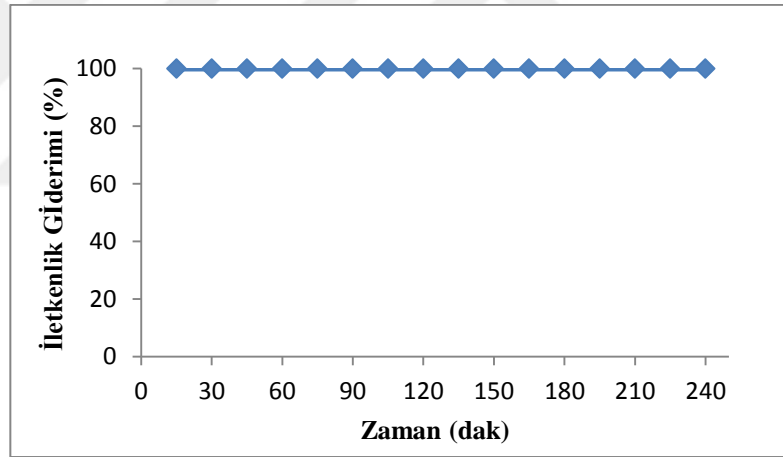
Şekil 3.23 RO-XLE membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişim

Bu membranın zamana karşı süzüntü akısı değişimi Şekil 3.24'de gösterilmiştir. XLE-RO membranının ortalama süzüntü akısı $24.35 \text{ L/m}^2 \cdot \text{saat}$ 'dir.



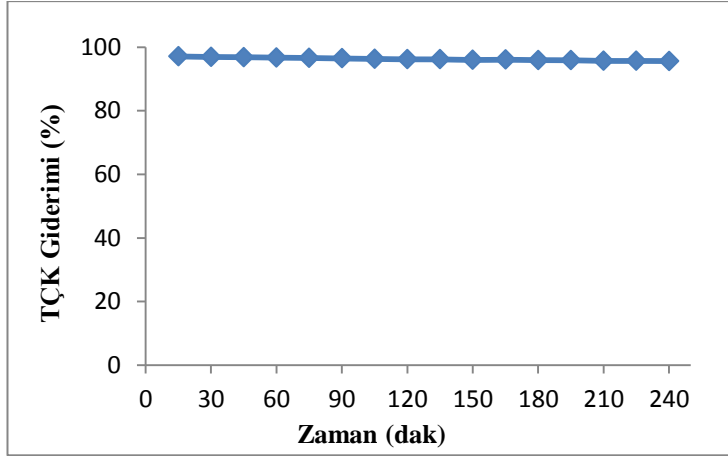
Şekil 3.24 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri

RO-XLE membranı ile zamana karşı iletkenlik giderimleri Şekil 3.25’de gösterilmiştir. RO-XLE membranının ortalama iletkenlik giderimi %100 düzeyindedir.



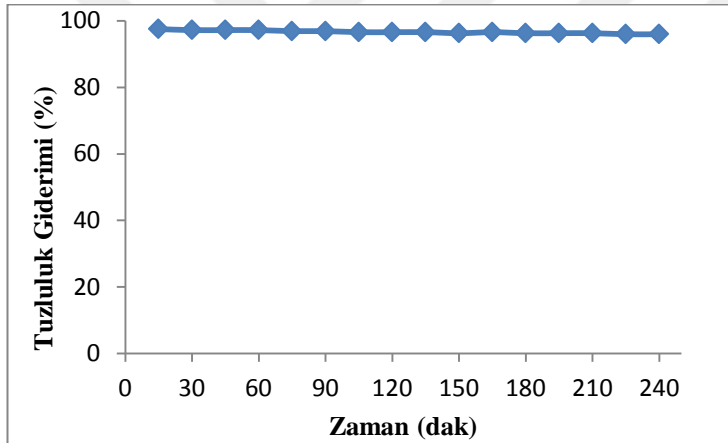
Şekil 3.25 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.

RO-XLE membranının zamana karşı TÇK giderimi Şekil 3.26’da gösterilmiştir. RO-XLE membranının ortalama TÇK giderimi %96.3’dür.



Şekil 3.26 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.

RO-XLE membranı ile zamana karşı tuzluluk giderimi, Şekil 3.27'de gösterilmiştir. Elde edilen ortalama tuzluluk giderimi %97'dir.



Şekil 3.27 RO-XLE membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.

Elde edilen sonuçlara göre, peyniraltı suyunun tüm bileşenlerinin RO işleminin konsantre bileşeninde toplandığı anlaşılmıştır. Bu bileşen peynir yapımı için sisteme tekrar geri döndürülebilir.

Çizelge 3.5'de XLE-RO membranı ile yapılan deneme sonucunda besleme çözeltisi ve konsantre örneklerinde protein analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.5 XLE-RO membran denemesi sonucu protein içeriği

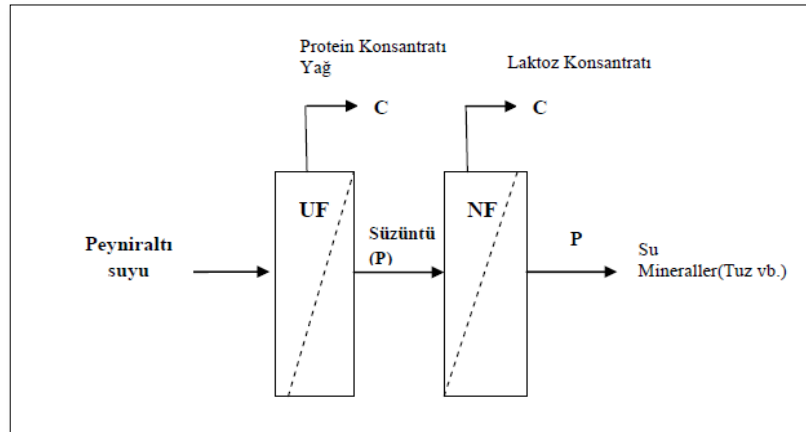
Örnekler	Protein (%)	C/C ₀
RO-Besleme (PST2)	0.790	
RO-Konsantre (2.saat)	0.839	1.065
RO-Konsantre (3. saat)	0.840	1.067
RO-Konsantre (4. saat)	0.900	1.150

3.2. Bütünleşik Membran Denemesi

PAS'nun etkin bir şekilde fraksiyonlarına ayrılmasında membran işlemleri ardışık olarak uygulanmıştır. Bütünleşik membran yöntemlerinin uygulanabilirliğinin incelenmesi için UF, NF ve RO membranları ile çalışılmıştır.

3.2.1. UF + NF membran denemeleri

Bütünleşik UF+NF denemesinde ilk olarak, UF membranı için –JW; NF membranı için ise NF-90 membranları kullanılmıştır. İkinci çalışmada ise, UF membranı için –JW; NF membranı için ise NF-270 membranları kullanılmıştır. Uygulanan bütünleşik membran yöntemlerinin akış şeması Şekil 3.28'de verilmiştir.

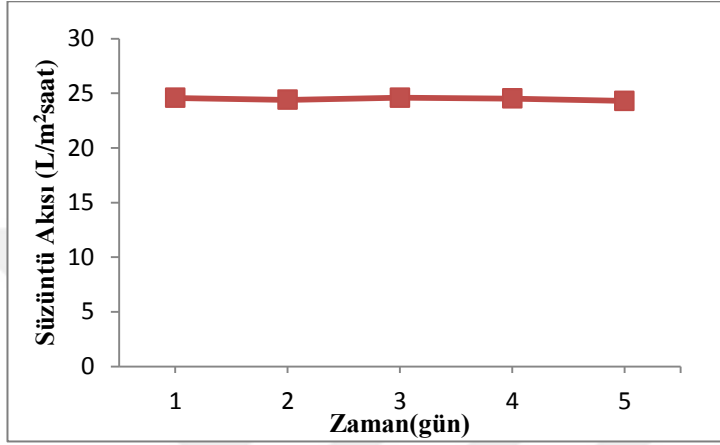


Şekil 3.28 Bütünleşik UF+NF çalışmada peyniraltı suyunun bileşenlerine ayrılması

3.2.1.1. UF-JW + NF-90 çalışması

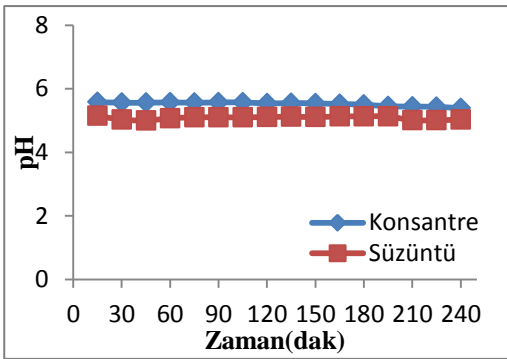
Bu çalışmada kullanılan %6'lık PAS çözeltisi PAS tozu (PST2) kullanılarak hazırlanmıştır.

JW-UF membranı ile yapılan deneyler 5 gün boyunca devam etmiştir ve NF-90 membranına besleme yapmak için süzüntü toplanmıştır. JW-UF membranının zamana karşı süzüntü akışı değişimi Şekil 3.29'da gösterilmiştir ve ortalama süzüntü akışı $24.48 \text{ L/m}^2 \cdot \text{saat}$ ' dir.

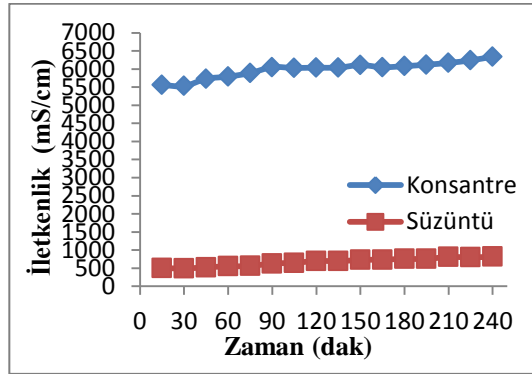


Şekil 3.29 JW-UF membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akışı değerleri.

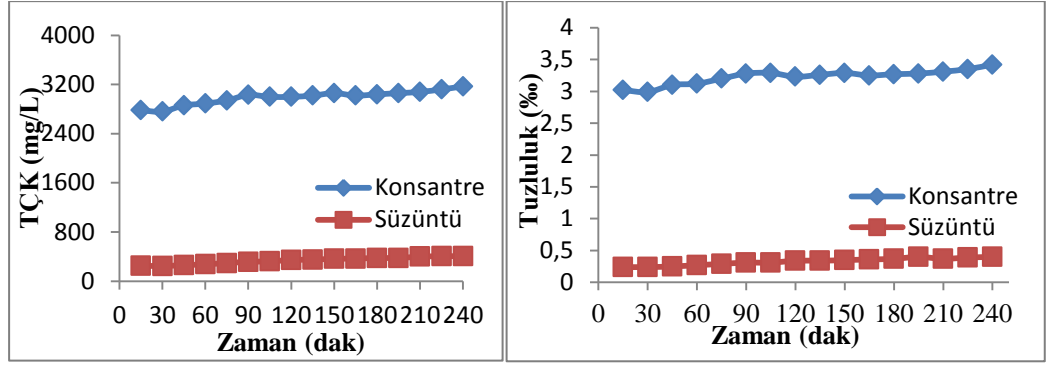
JW-UF membranından toplanan süzüntü NF-90 membranına beslenmiştir. NF-90 membranı ile yapılan deney süresince her 15 dakikada bir süzüntü ve konsantride iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü yapılmıştır. NF-90 membranı ile elde edilen süzüntü ve konsantr örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Şekil 3.30a-d'de karşılaştırılmıştır.



(a)



(b)

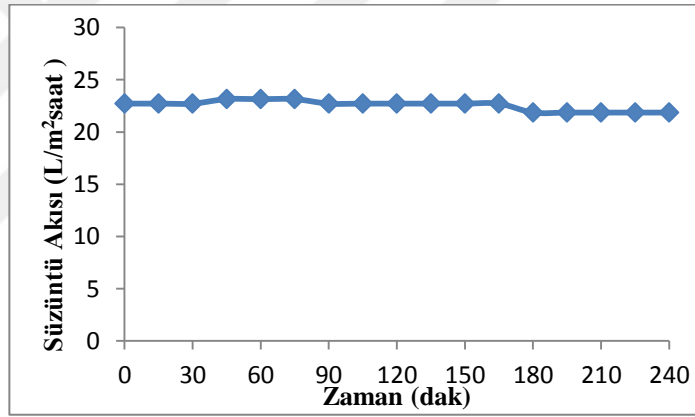


(c)

(d)

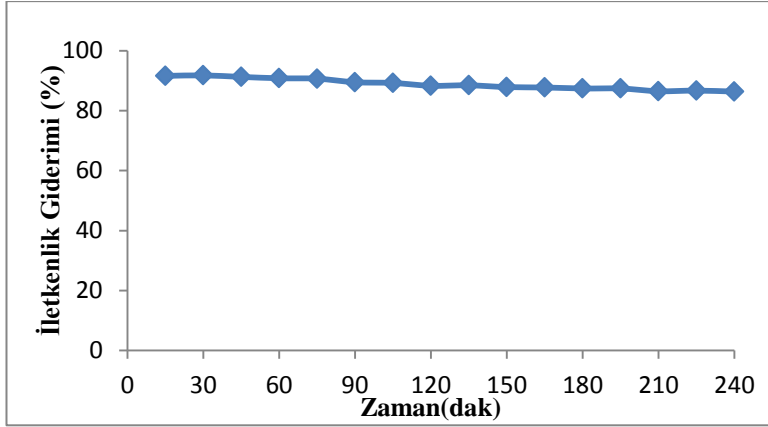
Şekil 3.30 NF-90 membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değerlerindeki değişme

NF-90 membranının zamana karşı süzöntü akısı değişimi Şekil 3.31’de gösterilmiştir. Bu membranının ortalama süzöntü akısı $22.54 \text{ L/m}^2 \cdot \text{saat}$ ’ dir.



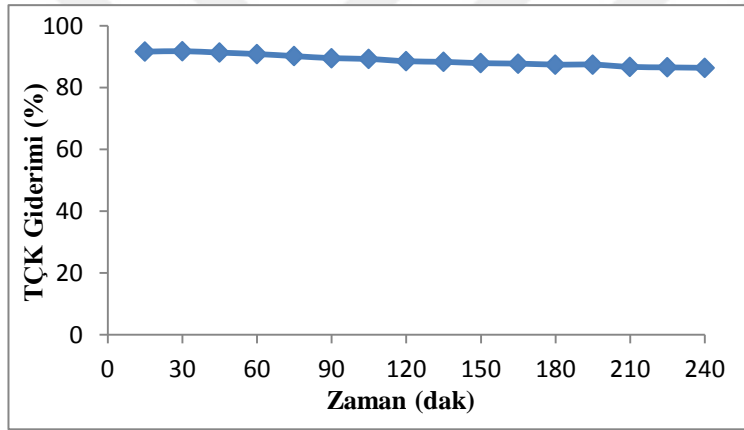
Şekil 3.31 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı süzöntü akısı değerleri

NF-90 membranile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi Şekil 3.32’de gösterilmiştir. NF-90 membranının ortalama iletkenlik giderimi %88.87 düzeyindedir.



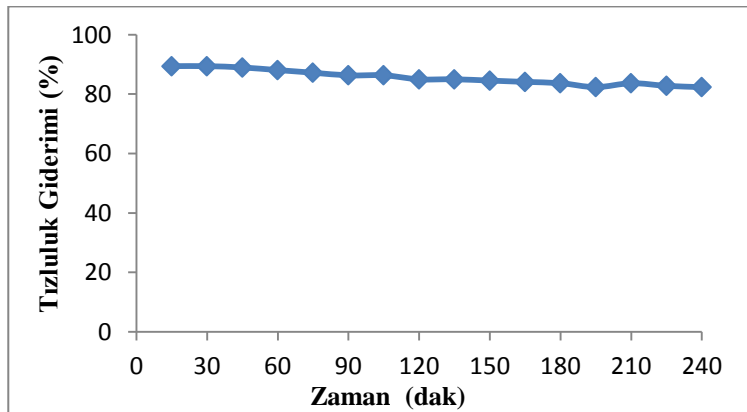
Şekil 3.32 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.

Zamana karşı TÇK giderimi Şekil 3.33'de gösterilmiştir. NF-90 membranının ortalama TÇK giderimi %88.85'dür.



Şekil 3.33 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.

NF-90 membranı ile zamana karşı tuzluluk giderimi, Şekil 3.34'de gösterilmiştir. Elde edilen ortalama tuzluluk giderimi %85.56'dır.



Şekil 3.34 NF-90 membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.

UF+NF-90 membran işlemi sonunda konsantre ve süzüntü akımlarında protein ve laktoz içeriği belirlenmiştir. JW-UF membran işlemi sırasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü örneklerindeki protein içerikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 UF-JW membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

Bileşenler (1-5 gün ortalama)	Protein (%)	C/C₀	Konsantre etme oranı (%)
UF-Besleme	0.81	-	-
UF-Konsantre	1.04	1.28	28.3
UF- Süzüntü	0.20	0.24	-

Denemenin ikinci aşaması olan NF-90 membran çalışmasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntüdeki laktoz içerikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

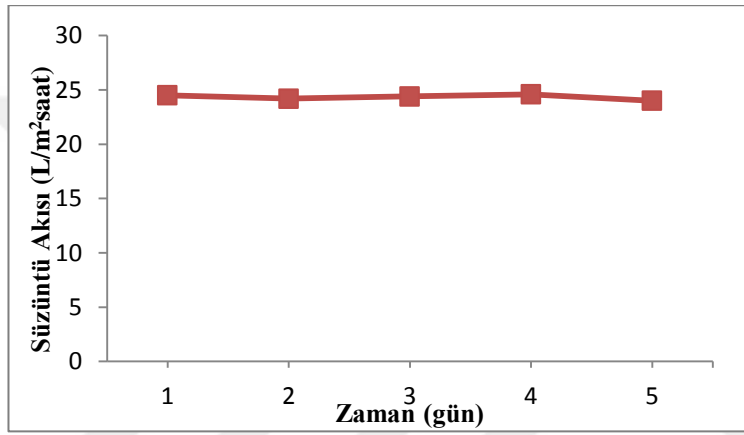
Çizelge 3.7 NF-90 membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz

Bileşenler (Ortalama)	Laktoz (%)	C/C₀	Konsantrasyon etme oranı (%)
NF-90 Besleme (UF Süzüntü)	56	-	-
NF-90 Konsantre	72	1.28	28.57
NF-90 Süzüntü	0.5	0.009	-

3.2.1.2. JW-UF + NF-270 çalışması

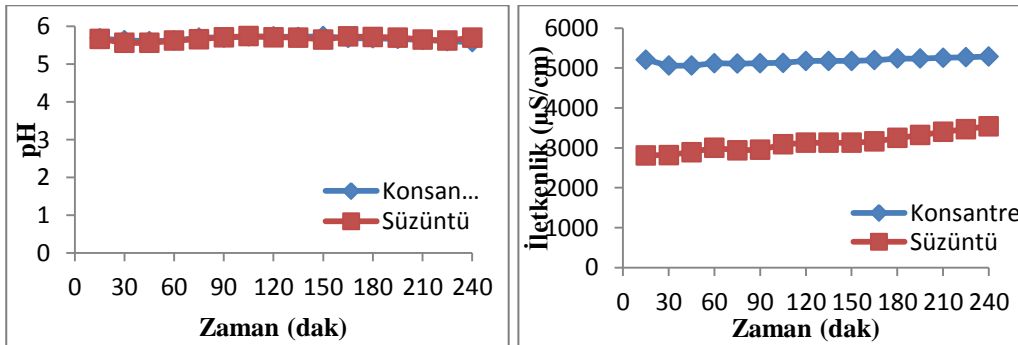
PAS tozu (PST2) kullanılarak, bu çalışmada kullanılan %6'lık PAS çözeltisi hazırlanmıştır.

Bir önceki çalışmada da yapıldığı gibi, 7 bar basınç altında JW-UF membranı ile yapılan deneyler 5 gün boyunca devam etmiştir ve sonrasında NF-270 membranına besleme yapmak için süzüntü toplanmıştır. JW-UF membranının zamana karşı süzüntü akışı değişimi Şekil 3.35'de gösterilmiştir ve ortalama süzüntü akışı $24.34 \text{ L/m}^2 \cdot \text{saat}$ dir.



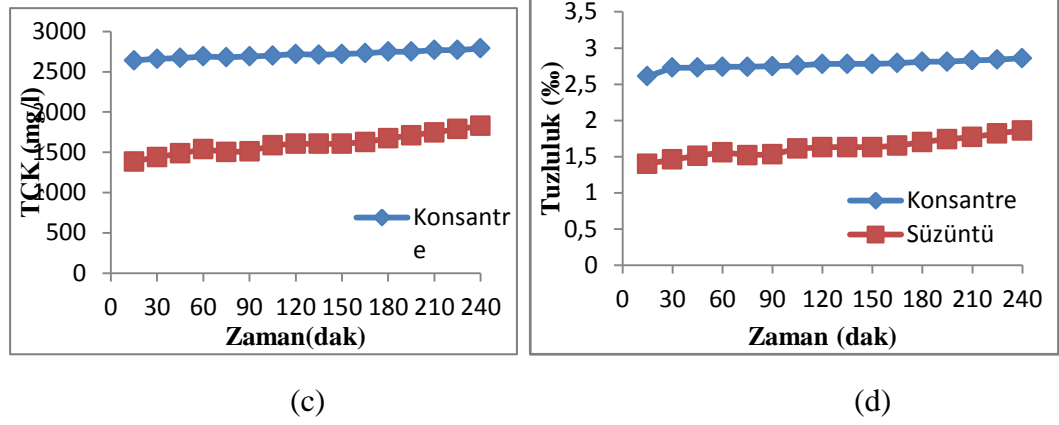
Şekil 3.35 JW-UF membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akışı değerleri.

JW-UF membranından toplanan süzüntü NF-270 membranına beslenerek test edilmiştir ve her 15 dakikada bir süzüntü ve konsantrede iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü yapılmıştır. Elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Şekil 3.36a-d'de karşılaştırılmıştır.



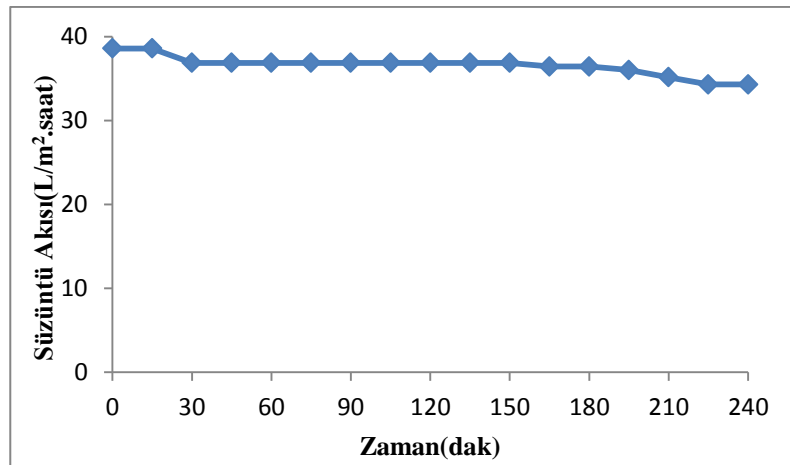
(a)

(b)



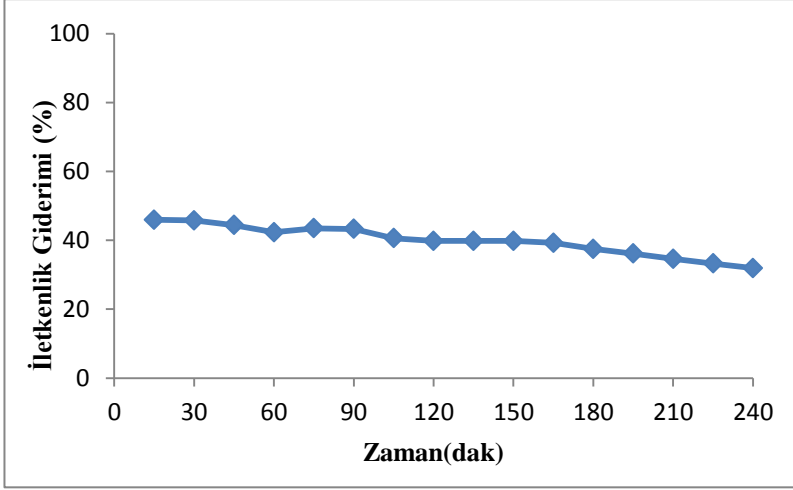
Şekil 3.36 NF-270 membranı ile elde edilen süzöntü ve konsantr e örneklerinin zamana karşı a) pH b) iletkenlik c) TÇK ve d) tuzluluk değ erlerindeki değ işme

NF-270 membranının zamana karşı süzöntü akısı değ işimi Şekil 3.37’de gösterilmiştir. Bu membranının ortalama süzöntü akısı $36.55 \text{ L/m}^2 \cdot \text{saat}$ ’ dir.



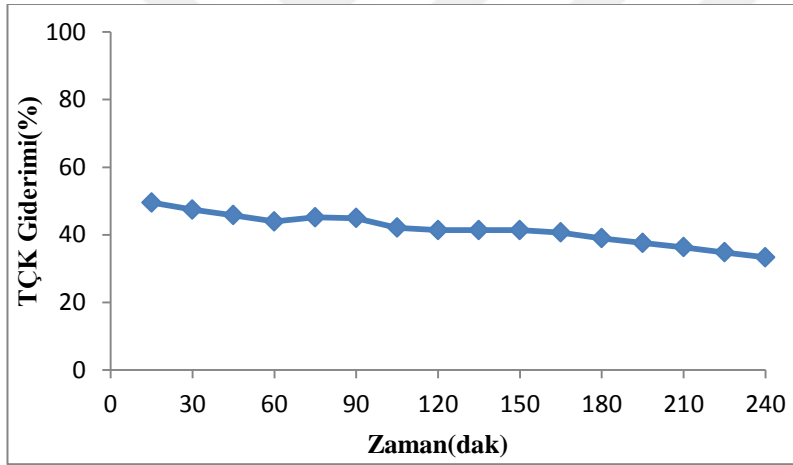
Şekil 3.37 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı süzöntü akısı değ erleri

UF süzöntüsünün NF-270 membranında zamana karşı iletkenlik giderimi Şekil 3.38’de gösterilmiştir. NF-270 membranının ortalama iletkenlik giderimi %39.86 düzeyindedir.



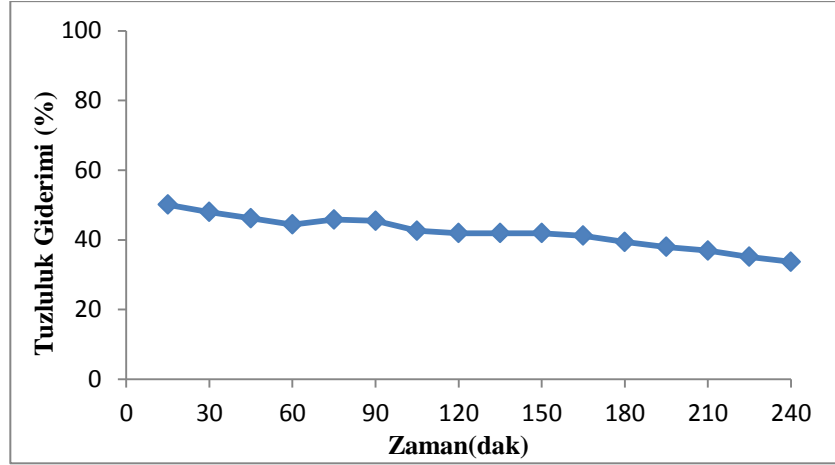
Şekil 3.38 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.

Zamana karşı TÇK giderimi Şekil 3.39'da gösterilmiştir. NF-270 membranının ortalama TÇK giderimi %41.52'dür.



Şekil 3.39 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.

NF-270 membranı ile zamana karşı tuzluluk giderimi, Şekil 3.40'da gösterilmiştir. Elde edilen ortalama tuzluluk giderimi %42.02'dir.



Şekil 3.40 NF-270 membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.

UF+NF-270 membran işleminde konsantre ve süzüntü akımlarının protein ve laktoz içeriği belirlenmiştir. UF-JW membran işleminde elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü örneklerindeki protein içerikleri Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 UF-JW membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

Bileşenler (1-5 gün ortalama)	Protein (%)	C/C ₀	Konsantre etme oranı (%)
UF-Besleme	0.77	-	-
UF-Konsantre	0.97	1.26	25.84
UF- Süzüntü	0.24	0.25	-

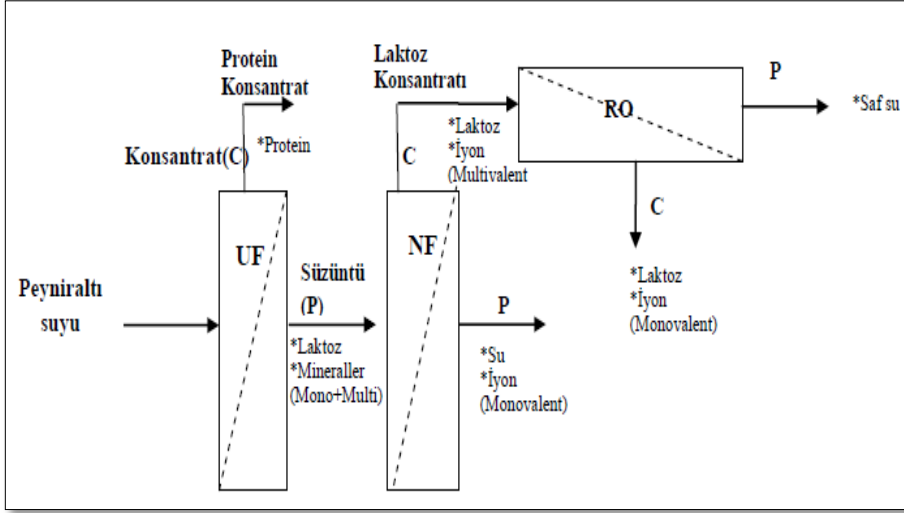
Denemenin ikinci aşaması olan NF-270 membran çalışmasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntüdeki laktoz içerikleri Çizelge 3.9’de verilmiştir.

Çizelge 3.9 NF-270 membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü

Bileşenler (Ortalama)	Laktoz (%)	C/C ₀	Konsantre etme oranı (%)
NF-270 Besleme (UF Süzüntü)	41.3	-	-
NF-270 Konsantre	46	1.11	11.4
NF-270 Süzüntü	0.63	0.015	-

3.2.2. Bütünleşik UF + NF + RO membran denemeleri

Bütünleşik UF+NF+RO çalışmasında, UF membranı olarak JW-UF ve GM-UF; NF membranı olarak NF-270; RO membranı olarak ise BW30 membranları kullanılmıştır. Uygulanan bütünleşik membran yöntemlerinin akış şeması Şekil 3.41’de verilmiştir.

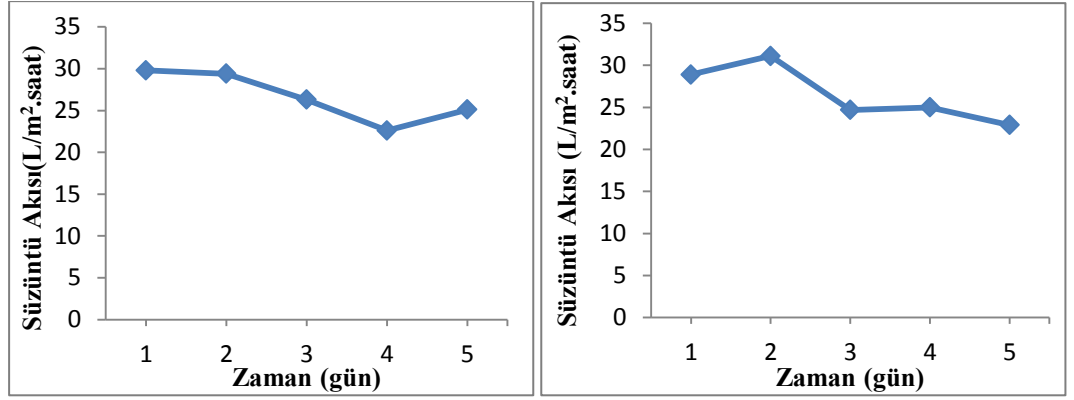


Şekil 3.41 UF+NF+RO membran deneme sonrası peyniraltı suyu bileşenlerinin ayrımı

3.2.2.1. JW-UF + NF-270 + BW30- RO çalışması

Bu çalışmada kullanılan %6’lık PAS çözeltisi, PAS tozu (PST2) kullanılarak hazırlanmıştır.

JW-UF membranı ile 7 bar; GM-UF membranıyla ise 10 bar basınç altında yapılan deneyler 5’er gün boyunca devam etmiştir ve NF-270 membranına besleme yapmak için yaklaşık 20 L süzüntü toplanmıştır. JW-UF ve GM-UF membranlarının zamana karşı süzüntü akışı değişimi Şekil 3.42a-b’de gösterilmiştir ve bu membranların ortalama süzüntü akışları sırasıyla 26.64 L/m².saat ve 26.52 L/m².saat’ dir.



(a)

(b)

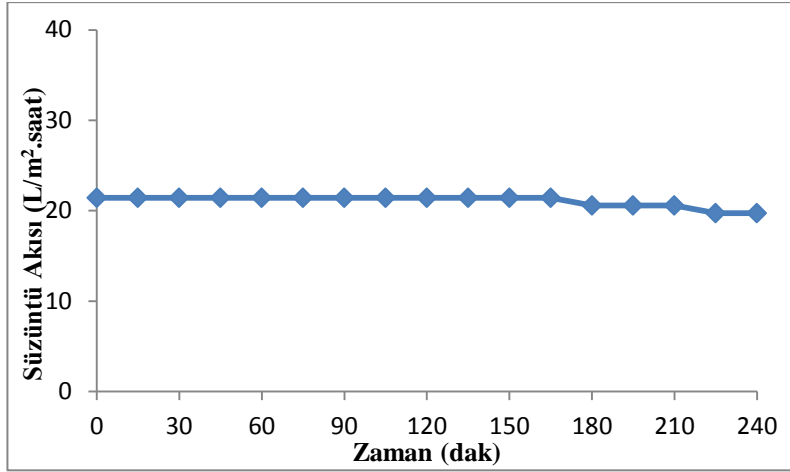
Şekil 3.42 JW-UF(a) ve GM-UF(b) membranları ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri.

JW-UF ve GM-UF membranlarından toplanan süzüntü NF-270 membranına beslenmiştir. NF-270 membranıyla 10 bar basınç altında, konsantre akış hızı sabit tutularak (96 L/saat) çalışılmıştır ve buradan BW30-RO membranına besleme yapmak için 10 L konsantre toplanmıştır. NF-270 membranı ile yapılan deneyde besleme, süzüntü ve konsantrede iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü yapılmıştır. NF-270 membranındaki besleme ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 NF-270 membranında besleme, süzüntü ve konsantrenin ortalama pH, TÇK, iletkenlik ve tuzluluk değerleri

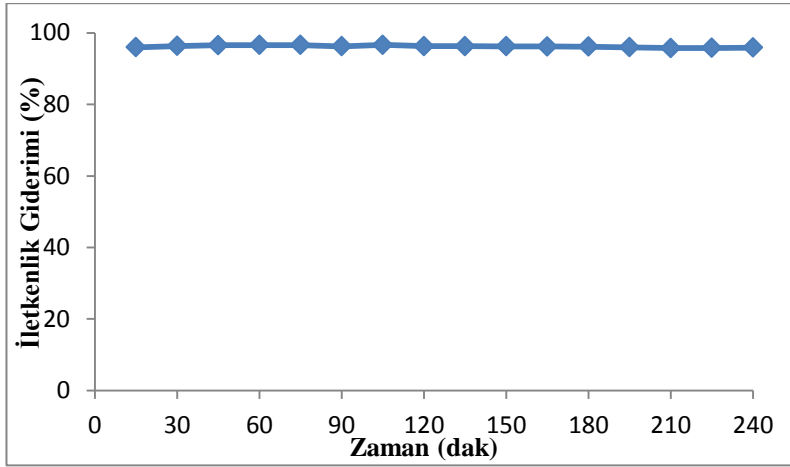
Değerler	Besleme	Süzüntü	Konsantre
pH	4.75	4.77	4.87
TÇK(mg/L)	2820	2280	2890
İletkenlik(μ S/cm)	5240	4370	5350
Tuzluluk(%)	2.82	2.33	2.89

NF-270 membranından toplanan 10 L konsantre, BW30-RO membranına beslenerek 20 bar basınç altında 4 saat süresince çalışılmıştır. BW30-RO membranının zamana karşı süzüntü akısı değişimi Şekil 3.43'de gösterilmiştir. Bu membranının ortalama süzüntü akısı $21.1 \text{ L/m}^2.\text{saat}$ ' dir.



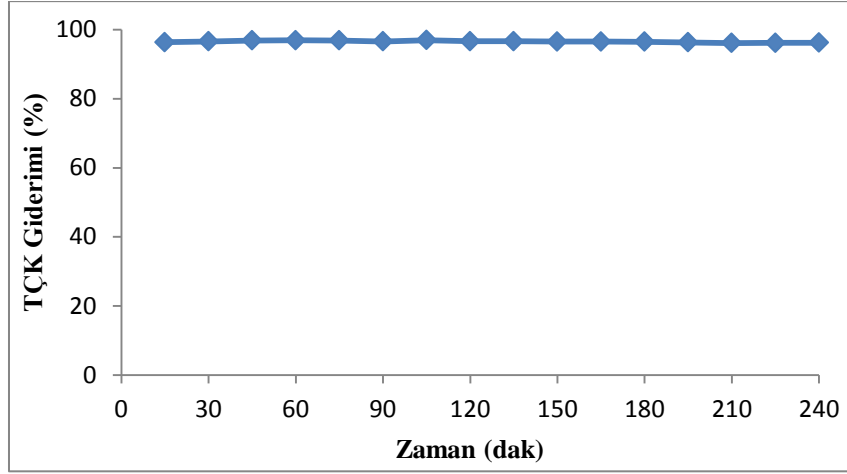
Şekil 3.43 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı süzüntü akısı değerleri

NF-270 konsantresinin, BW30-RO membranında zamana karşı iletkenlik giderimi Şekil 3.44’de gösterilmiştir. BW30-RO membranının ortalama iletkenlik giderimi %96.2 düzeyindedir.



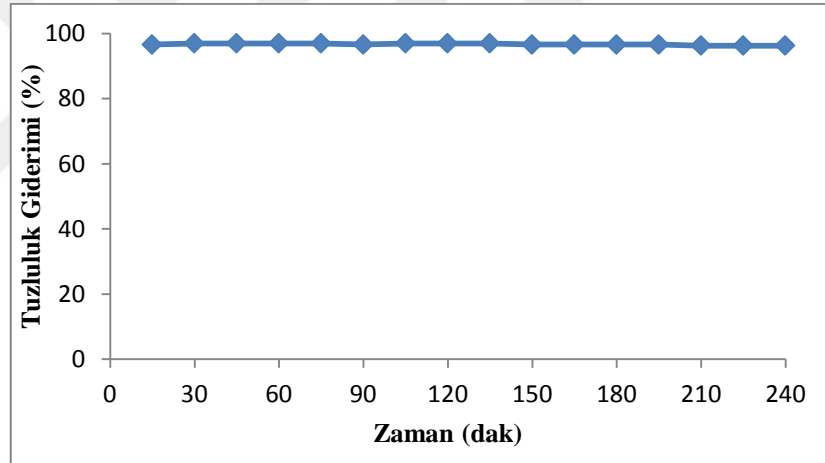
Şekil 3.44 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.

Zamana karşı TÇK giderimi Şekil 3.45’de gösterilmiştir. BW30-RO membranının ortalama TÇK giderimi %96.6’dür.



Şekil 3.45 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.

BW30-RO membranı ile zamana karşı tuzluluk giderimi, Şekil 3.46'da gösterilmiştir. Elde edilen ortalama tuzluluk giderimi %96.7'dir.



Şekil 3.46 BW30-RO membranı ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.

JW-UF + NF-270 + BW30-RO membran işlemi sonunda konsantre ve süzüntü akımlarının protein ve laktoz içeriği belirlenmiştir. JW-UF ve GM-UF membran işlemleri sırasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü örneklerindeki protein içerikleri Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11 UF membranları için peyniraltı suyunun besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

Bileşenler	Protein (%)		C/C ₀		Konsantre etme oranı (%)	
	JW	GM	JW	GM	JW	GM
UF-Besleme	0.68	0.66	-	-	-	-
UF-Konsantre	0.83	0.83	1.22	0.66	22.1	25.8
UF- Süzüntü	0.16	0.12	0.24	0.83	-	-

Denemenin ikinci aşaması olan NF-270 membran çalışmasında ve son aşaması olan BW30-RO membran çalışmasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntüdeki laktoz içerikleri sırasıyla Çizelge 3.12-3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.12 NF-270 membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz içerikleri

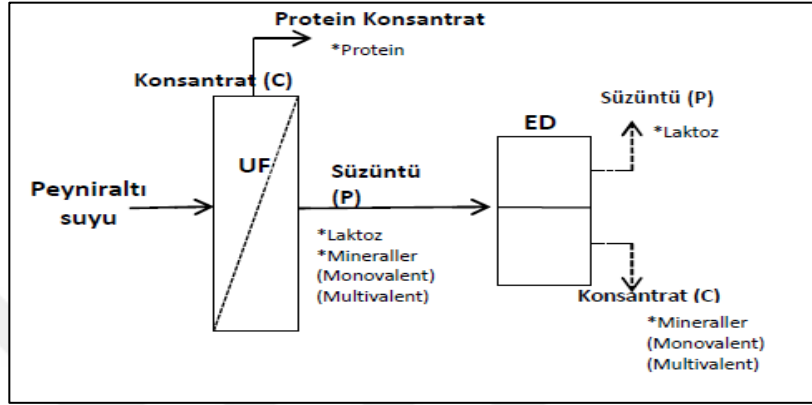
Bileşenler	Laktoz (%)	C/C ₀	Konsantre etme oranı (%)
NF-270 Besleme (UF Süzüntü)	42.7	-	-
NF-270 Konsantre	47.1	1.03	10.3
NF-270 Süzüntü	20.5	0.43	-

Çizelge 3.13 BW30-RO membranından elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz içerikleri

Bileşenler	Laktoz (%)	C/C ₀	Konsantre etme oranı (%)
BW30 Besleme (NF-270 Konsantre)	47.1	-	-
BW30 Konsantre	56.3	1.20	19.5
BW30 Süzüntü	0.12	0.005	-

3.2.3. Bütünleşik UF + ED denemesi

UF+ED bütünleşik membran denemesinde, UF membranı için JW-UF ve GM-UF membranları; ED çalışması için Neosepta CMX (Katyon değitirici membran) ve AMX (Anyon değitirici membran) membranları kullanılmıştır. Uygulanan bütünleşik membran yöntemlerinin akış şeması şekil 3.47'de verilmiştir.



Şekil 3.47 UF+ED membran deneme sonrası peyniraltı suyu bileşenlerinin ayrımı

Bu çalışmada kullanılan %6'lık PAS çözeltisi, PAS tozu (PST2) kullanılarak hazırlanmıştır.

Bir önceki çalışmada, JW-UF membranı ile 7 bar; GM-UF membranıyla ise 10 bar basınç altında yapılan deneyler boyunca, NF-270 membranına besleme yapmak için toplanan 20 L süzüntü, aynı zamanda ED sistemine besleme yapmak için de kullanılmıştır. JW-UF ve GM-UF membranlarının zamana karşı süzüntü akısı değişimi bir önceki çalışmada verilmiştir (Şekil 3.48a-b).

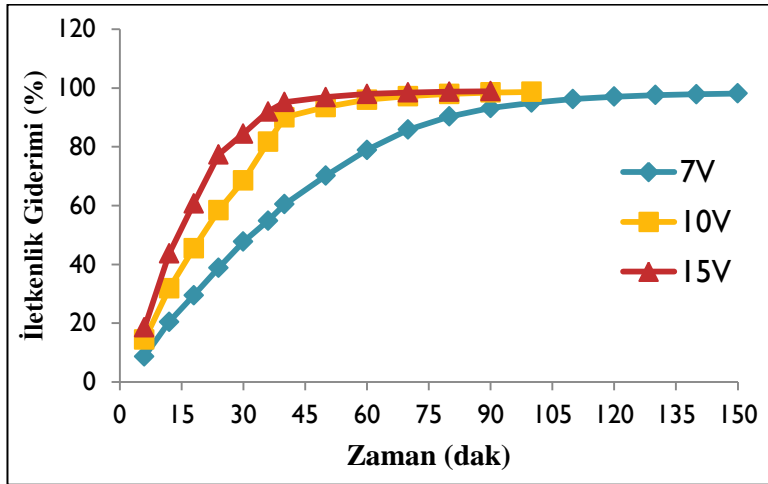
JW-UF ve GM-UF membranlarından toplanan süzüntü ED sisteminde, besleme çözeltisi olarak kullanılmıştır. ED çalışması sırasında, uygulanan elektriksel potansiyel değerleri 7V, 10 V ve 15 V'dur. ED çalışmalarında süzüntü ve konsantrede iletkenlik, toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK), tuzluluk ve pH ölçümü yapılmıştır. ED çalışması ile elde edilen süzüntü ve konsantre örneklerinin zamana karşı pH, iletkenlik, TÇK ve tuzluluk değişimleri Çizelge 3.29'da verilmiştir.

Çizelge 3.14 ED çalışması ile elde edilen süzüntü ve konsantrenin ortalama pH, TÇK, iletkenlik ve tuzluluk değerleri

Parametreler	Besleme			Süzüntü			Konsantre		
	7V	10V	15V	7V	10V	15V	7V	10V	15V
pH	4.60	4.30	4.40	4.20	3.60	3.85	5.50	4.90	5.00
TÇK (mg/L)	2930	2860	2910	987	790	683	*	*	*
İletkenlik (µS/cm)	5870	5240	5505	1975	1521	1335	4555	4363	4990
Tuzluluk (%)	3.20	2.94	2.98	1.04	0.80	0.70	*	*	*

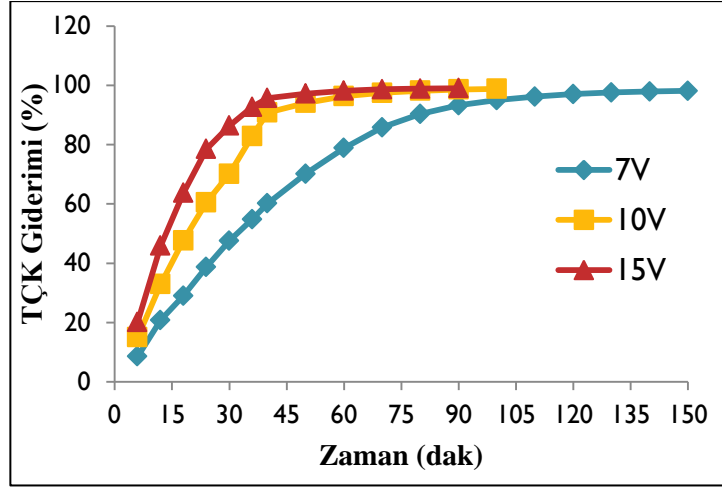
(*) Değerler ölçülmemiştir.

UF süzüntüsünün, ED çalışması ile 7, 10 ve 15 V elektrik potansiyelinde zamana karşı iletkenlik giderimleri Şekil 3.48'de gösterilmiştir. 7, 10 ve 15 V'da ortalama iletkenlik giderimleri sırasıyla %56.6, %76.2 ve %80.3 düzeyindedir.



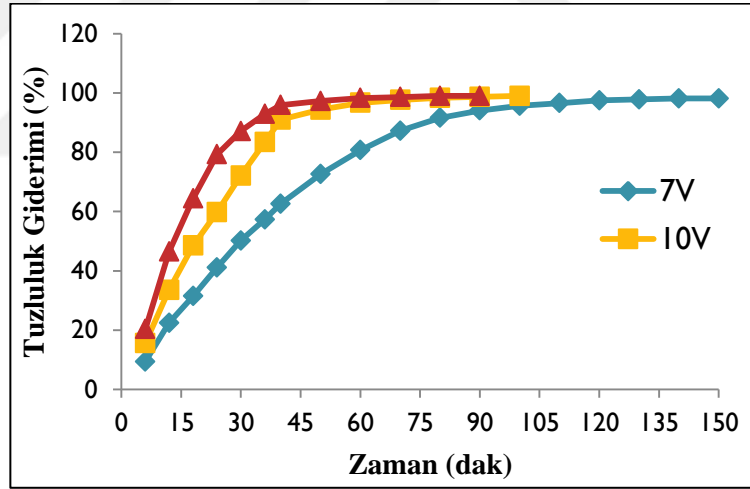
Şekil 3.48 ED ile elde edilen zamana karşı iletkenlik giderimi.

Zamana karşı TÇK giderimleri Şekil 3.49'da gösterilmiştir. 7, 10 ve 15 V'da ED'nin ortalama TÇK giderimi sırasıyla %56.5, %73.3 ve %81.3'dür.



Şekil 3.49 ED ile elde edilen zamana karşı TÇK giderimi.

ED ile zamana karşı tuzluluk giderimleri, Şekil 3.50'de gösterilmiştir. 7, 10 ve 15 V'da elde edilen ortalama tuzluluk giderimi sırasıyla %58.4, %74.1 ve %81.6'dır.



Şekil 3.50 ED ile elde edilen zamana karşı tuzluluk giderimi.

ED işlemi sonunda konsantre ve süzüntü akımlarının protein ve laktoz içerikleri de belirlenmiştir.

İlk aşamada, JW-UF ve GM-UF membran işlemleri sırasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntü örneklerindeki protein içerikleri Çizelge 3.15'de verilmiştir.

Çizelge 3.15 UF membranları için peyniraltı suyunun besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

Bileşenler	Protein (%)		C/C ₀		Konsantre etme oranı (%)	
	JW	GM	JW	GM	JW	GM
UF-Besleme	0.68	0.66	-	-	-	-
UF-Konsantre	0.83	0.83	1.22	0.66	22.1	25.8
UF- Süzüntü	0.16	0.12	0.24	0.83	-	-

Denemenin ikinci aşaması olan ED çalışmasında elde edilen besleme, konsantre ve süzüntüdeki protein ve laktoz içerikleri sırasıyla Çizelge 3.16-3.17'de verilmiştir.

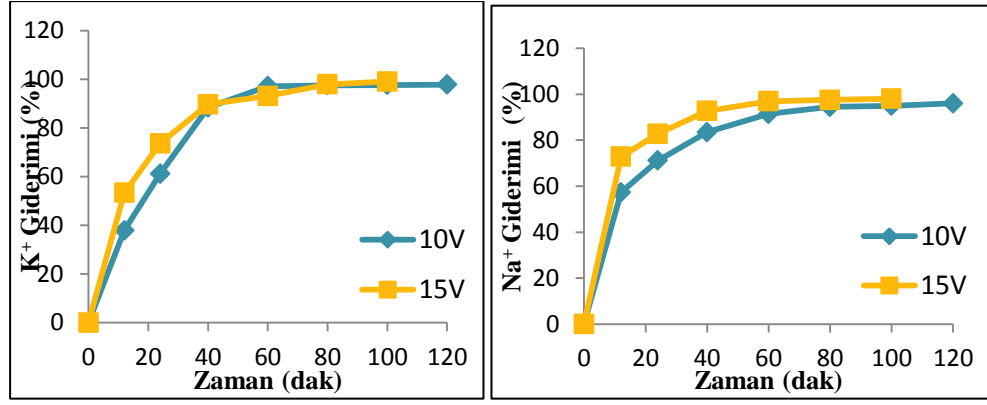
Çizelge 3.16 ED işleminde, besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin protein içerikleri

Bileşenler	Protein (%)		C/C ₀	
	10 V	15 V	10 V	15 V
Besleme (UF Süzüntü)	0.220	0.200	-	-
Konsantre	0.11	0.10	0.50	0.50
Süzüntü	0.120	0.110	0.55	0.60

Çizelge 3.17 ED işleminde, besleme, konsantre ve süzüntü bileşenlerinin laktoz içerikleri

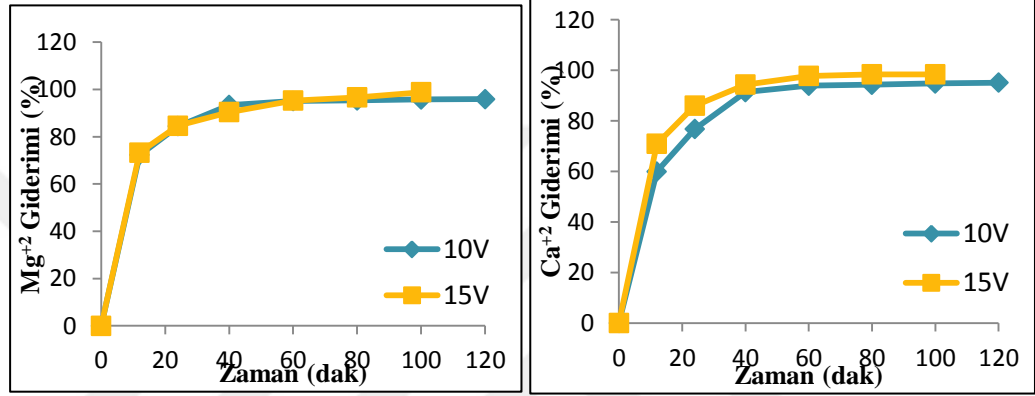
Bileşenler	Laktoz				C/C ₀	
	10 V		15 V		10 V	15 V
	%	mg/L	%	mg/L		
Besleme (UF Süzüntü)	45.20	27.1	43.00	27.2	-	-
Konsantre	0.065	0.04	0.050	0.03	0.001	0.001
Süzüntü	42.80	25.7	41.90	25.1	0.95	1.00

ED işlemi sonunda konsantre ve süzüntü akımlarının mineral içeriği de belirlenmiş ve Na⁺, K⁺, Mg⁺² ve Ca⁺² giderimleri hesaplanmıştır. ED işlemi sonucunda peyniraltı suyundan mineral giderimi Şekil 3.51a-d'de verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

(d)

Şekil 3.51 ED işlemi sonrasında peyniraltı suyunda (a) Na⁺, (b) K⁺, (c) Mg⁺² ve (d) Ca⁺² giderimleri.

Çizelge 3.18 ED işlemi sonlandırıldığında, süzüntü ve konsantre akımlarındaki (mg/L) cinsinden iyon değişimleri

Bileşenler	Na ⁺ (mg/L)		K ⁺ (mg/L)		Mg ⁺² (mg/L)		Ca ⁺² (mg/L)	
	10 V	15 V	10 V	15 V	10 V	15 V	10 V	15 V
Konsantre	834.0	905.0	1006	1211	74.0	71.4	89.4	78.2
Süzüntü	30.0	14.1	26.8	10.3	3.8	1.1	5.0	1.55

4. SONUÇ

Literatürde mikrofiltrasyon (MF) membranı ile filtre edilmiş PAS'nun konsantre edilmesi için, tek başına NF yöntemi kullanıldığında üretilen konsantrenin, dondurma üretimi için çok değerli bir hammadde olabileceği; NF sonrası elde edilen süzüntüde su ve mineral içeriği yüksek iken; konsantre bileşende ise protein ve laktoz içeriğinin yüksek olduğu belirtilmektedir.

MF aşamasından sonra izlenen UF aşamasında proteinlerin yüksek seviyede alıkonulması sağlanır ve bu fraksiyon protein üretimi için kullanılabilir. UF'ü izleyen 2. kademede ise, UF aşamasından gelen süzüntü suyu NF ile muamele edilir. NF'un konsantre bileşeninde laktoz ve multivalent iyonlar bulunurken, süzüntüsünde ise su ile birlikte monovalent iyonlar bulunacaktır.

MF aşamasında yağ ve mikroorganizmalarından ayrılan peyniraltı suyunun diğer bileşenleri (protein, laktoz, tuz iyonlarının büyük bir kısmı) RO işleminin konsantre bileşeninde toplanır. Bu bileşen peynir yapımı için sisteme geri döndürülebilir.

Tekli NF-90 ve NF-270 membran çalışmasının sonuçlarına göre, NF-90 membranında iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi sırasıyla %91.3, % 92.1 ve % 92.3 iken, NF-270 membranında bu değerler sırasıyla %38.1, %32.3 ve % 39.5 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, NF-90 membranının peyniraltı suyundan tuz gideriminde NF-270 membranına göre daha başarılı bir membran olduğu anlaşılmıştır. NF membranlarının iyon giderimlerine bakıldığında ise, PAS'dan monovalent iyonların gideriminde NF-90 daha iyi iken, divalent iyonların gideriminde heriki membranda iyi bir performans sergilemiştir. Protein konsantre etme oranı NF-90 membranı ile 2.7 kat civarında iken NF-270 membranı ile bu değer 2.5 kat civarındadır.

7 bar basınç altında yapılan tekli JW-UF denemesinde; maksimum iletkenlik, TÇK, tuzluluk giderimi sırasıyla %8-10, %4-6 ve %5-6'dır. Aynı PW-UF membranında olduğu gibi, JW-UF membranının da tuz giderimi çok yüksek oranda değildir. JW-UF ve PW-UF membranlarının PAS'dan tuz iyonlarının membranın süzüntü kısmına geçip; proteinin ise konsantre kısımda zenginleşmesi için uygun oldukları anlaşılmıştır.

20 bar basınç altında yapılan tekli XLE-RO denemesinde; iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi sırasıyla % 100, % 96.3 ve %97 'dir. Elde edilen sonuçlara

göre, peyniraltı suyunun tüm bileşenlerinin RO işleminin konsantre bileşeninde toplandığı anlaşılmıştır. Bu bileşen peynir yapımı için sisteme tekrar geri döndürülebilir.

Elde edilen bütünleşik UF+NF sonuçlarına göre, UF membranı olarak seçilen JW-UF membranı protein konsantre etme oranı daha iyi olduğu için kullanılmış ve JW-UF membranı ile toplanan süzüntünün NF-90'a beslenmesiyle NF aşamasında iletkenlik, TÇK ve tuzluluk giderimi %90'lara kadar ulaşmıştır.

Ayrıca, PAS çözeltisindeki protein UF membranının konsantre akımı içinde toplanırken, laktoz UF membranından geçerek UF membranının süzüntü akımında toplanır. NF-90 ile yapılan çalışmada laktozun konsantre etme oranı %28 iken, NF-270 ile yapılan çalışmada laktozun konsantre etme oranı %11 civarındadır. Böylece, UF prosesi ile proteinin laktozdan ayrılması mümkün olmuştur. Mineral iyonlar, UF membranının süzüntü kısmında toplanacağı için UF işlemiyle proteinin demineralize edilmesi mümkün olacaktır.

Bütünleşik UF + NF + RO çalışmasında ise, NF-270 membranı ile yapılan aşamada laktozun konsantre edilme oranı %10-11 civarında iken, XLE-RO membranı ile konsantre işlemine devam edilmesi sonucu laktoz konsantrasyon oranı %19-20 civarına kadar ulaşmıştır. Bu da bize bütünleşik bir biçimde ardışık olarak membran işlemlerinin yapılmasının peyniraltı suyunun fraksiyonlarına ayrılmasında daha etkin sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Bütünleşik UF + ED çalışmasında, peyniraltı suyunun etkin bir şekilde demineralizasyonu gerçekleşmiştir. ED çalışması sonunda, 7, 10 ve 15 V elektrik potansiyelinde iletkenlik giderimi sırasıyla %95.0, %97.7 ve %98.9'dur. ED işlemi sonunda konsantre ve süzüntü akımlarının mineral içeriği belirlenmiştir. 10 V'luk çalışmada Na^+ , K^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} giderimleri sırasıyla %82.1, %80.0, %89.4 ve %85.2 iken 15 V'luk çalışmada Na^+ , K^+ , Mg^{+2} ve Ca^{+2} giderimleri sırasıyla %90.2, %85.0, %89.8 ve %91.0'dır.

Sonuç olarak; PAS teknolojik gelişmeler ve artan tüketici ilgisi ile birlikte atık ürün olmaktan çıkıp, bileşiminden kaynaklanan besleyici özellikleri nedeniyle günümüzde kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. PAS'dan yüksek değerde ürünler üretilmesi amacıyla kullanılan membran filtrasyon yöntemlerinin olumlu sonuçlar verdiği bilimsel olarak ortaya konulmuştur. Özellikle bütünleşik bir biçimde yürütülen membran çalışmalarında bu etki daha belirgin gözlenmiştir. Bunun için

uygulama alanı geniş, besleyici değeri yüksek ve sağlık üzerine olumlu etkilere sahip olan PAS ve bileşenlerinin mevcut etkileri daha iyi benimsenmeli ve bu konu üzerinde daha ayrıntılı çalışmalar yapılarak ülkemizde hala atık ürün olan peyniraltı suyunun değerlendirilmesi arttırılmalıdır.



5. KAYNAKLAR DİZİNİ

Alpkent, Z. ve Göncü, A., 2003. Peynir suyu ve peynir suyu proteinlerinin gıda, kozmetik ve tıp alanlarında kullanımı. Gıda Müh. Dergisi, 15, 26-29.

Basette, R. and Acosta, J. S., 1988. Composition of milk products. Pages 39-80 in: Fundamentals of Dairy Chemistry. N. Wong., R. Jeness, M. Keeney, and E. Marth, eds. Van Nostrand Reinhold: New York

Content, In C. A. Barth and E. Schlimme, eds., Milk Proteins, Steinkopf Verlag, Darmstadt, Germany, p. 158.

Demir, E., 2016. Peyniraltı suyu ve değerlendirme yöntemleri. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

Demirci, M., ve Şimşek, O., 1997. Süt İşleme Teknolojisi. Hasad Yayıncılık Ltd Şti (Ed) İstanbul, Türkiye.

Ercan, D., ve Ercan, P., 2007. Gıda Endüstrisinde Atıkların Değerlendirilmesi. E.Ü. Müh. Fak. Gıda Müh. Bölümü, Bitirme tezi, İzmir.

Foegeding, E.A., and Luck, P., Vardhanabhuti, B., 2011. Whey Protein Products in Eyclopedia of Dairy Science. Second Edition, Academic Press, pp. 873-878.

Gökalp, H.Y., Işık, F., 1999. Peyniraltı Suyu ve Peyniraltı Suyu Tozunun Emülsiyon Özellikleri ve Gıda Sanayiinde Bu Amaçla Kullanımları II. Standart Dergisi 38(455), 61-72.

Greiter, M., Novalin, S., Vendland, M., Kulbe, K.D. and Fischer, J., 2002. Desalination of whey by electro dialysis and ion exchange resins. J.Membrane Sci., 210, 91-10.

Gürsel, A., 2001, Süt esaslı ürünler teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları. 133-148 pp. Yayın no:1522, Ankara.

Harper, W. J., 2011. Dairy Ingredients in Non-Dairy Foods in Encyclopedia of Dairy Science, Second Edition, Academic Press, pp. 125-134.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Jelen, P., 1979. Industrial Whey Processing Technology: An Overview. Journal Agricultural Food Chemistry, Vol. 27, No. 4.

Jelen, P. and Patočka, J., 1989, Heat Stability of Milk with Increased Whey Protein

Jeličić I., Božanić R., Tratnik L., 2008. Whey-based beverages-a new generation of diary products. Mljekarstvo, 58 (3): 257-274.

Kamer, İ., Aksoy, E. ve Tathdil, T., 1997. Peynir altı suyunun önemi ve değerlendirme yolları, Proje çalışması, Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü, Bornova-İzmir.

Karagözlü, C. ve Bayarar, M., 2004. Peyniraltı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. Ege Üniv Ziraat Fak Derg, 41(2):197-202

Kırdar, S., 2001. Peyniraltı Suyu İçecekleri. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 5 (2), 154-164 .

Koçak, C., Aydemir, S., 1994. Süt Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:20, 46 sayfa.

Mann, E.J., 1991. Whey utilisation - Part 2. Dairy-Industries-International, 56 (4): 18-19.

Marcelo, P. A., and Rizvi, S. S. H., 2008 .Physiochemical properties of liquid virgin whey protein isolates . International Dairy Journal 18 : 236 – 246 .

Metin. M., 1983. Süt sanayinde peynir suyunun değerlendirilmesi. E.Ü. Müh. Fak. Gıda Müh. Derg, 1(1), 151-159

Negishi, H., Otama, T., Gotou, T., Uead, T., Kuwata, T., 1997. Cosmetic Properties of Whey Minerals and Their Application to Skin Care Products For Babies. Proceeding of the Second International Whey Conference Book, 333-337.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Önür Y.Z., Çelik, K. ve Baytekin, H., 2016a. Süt Endüstrisi Atık Suları ve Peyniraltı Suyu. Çelik, K.(Ed.), Süt sektöründe atık değerlendirme ve çevresel etkilerinin azaltılmasında yenilikçi yaklaşımlar, Sonçağ Matbaacılık Yayıncılık, Çanakkale.

Önür Y.Z., Çelik, K., Baytekin, H. ve Uzatici, A., 2016b. Peyniraltı Suyundan Üretilen Yenilikçi Ürünler. Çelik, K.(Ed.), Süt sektöründe atık değerlendirme ve çevresel etkilerinin azaltılmasında yenilikçi yaklaşımlar, Sonçağ Matbaacılık Yayıncılık, Çanakkale.

Önür Yüksel, Z. ve Çelik, K., 2016. Peyniraltı suyu ürünlerinin gıda endüstrisinde kullanımı, Sonçağ Matbaacılık Yayıncılık, 1-2s.

Prazeres, A.R., Carvalho, F. and Rivas, J., 2012. Cheese whey management: a review. J. Environ. Manage. 110, 48–68

Regester, G.O., and Smithers, G.W., 1991. Seasonal changes in the β -lactoglobulin, α -lactalbumin, glycomacropeptide, and casein content of whey protein concentrate. Journal of Dairy Science 74 : 796 – 802 .

Shah, N., 2007. Functional cultures and health benefits. Int Dairy J, 17, 1262-1277.

Sienkiewicz, T., and Riedel, C.L., 1990. Whey and whey utilization: possibilities for utilization in agriculture and foodstuffs production, 379 pp. Verlag Th. Mann. Gelsenkirchen-Buer; Germany.

Smithers, G.W., 2008, Whey and whey proteins- From 'gutter-to-gold', International Dairy Journal, 18: 695-704pp.

Tetra Pak, 1995. Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden.

TUİK, 2016. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24655>, Erişim tarihi:09.03.2017

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Türk Gıda Kodeksi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, **2015. Peynir Tebliği (Tebliği No: 2015/6).**

Üçüncü, M., 2005. Süt ve Mamulleri Teknolojisi. Metabasım, Bornova, İzmir

Üçüncü, M., 2008, A'dan Z'ye peynir teknolojisi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fak.Yay., 975-98951-2-9

Wagner, J., 2001.Membrane Filtration Handbook Practical Tips and Hints. Osmonics Inc. 59

Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S., 1999. Dairy Technology, Principles of Milk Properties and Processes. Marcel Dekker, New York, USA, pp. 107–147.

Winston, Ho., WS., and Sirkar, K.K., 1992. Membrane Handbook. Winston Ho WS, Sirkar KK, editors. Van Nostrand Reinhold, pp. 3-16.

Yalçın, S., Doğruer, Y. ve Gürbüz, Ü., 1994. Beyaz peynir ve kaşar peyniri üretiminden elde edilen peyniraltı sularının besin değeri. Veterinarium, 1(1-2), 23- 24

Yener, S.M., Akman, N., Kumlu, S., Özder, M., Çakmak, N., ve Fidan, H., 1995. Büyükbaş Hayvansal Ürünler Tüketim Projeksiyonları ve Üretim Hedefleri. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi, II. Cilt, T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları.

Yerlikaya, O., Kınık, Ö. ve Akbulut, N., 2010, Peyniraltı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peyniraltı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünleri, Gıda, 35(4): 289-296

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı	İrem ÖZDEMİR
Doğum Tarihi	07/01/1992
Doğum Yeri	Ankara, Türkiye
Uyruk	T.C.
Medeni Durumu	Bekar
Sürücü Belgesi	B Sınıfı
Adres	İstanbul cad. No:56 Bakırköy/İstanbl
Cep Telefonu	(530) 373 43 96
Elektronik Posta	Ozdmr.irem@gmail.com
Lisans	Ege Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2010-2015)

Bildiriler

-Özdemir, İ., Jarma, Y. J., Altıok, E., Kabay, N., Ötleş, S. ve Yüksel, M., From Sorbents to Membranes. Application of Membrane Filtration to Whey Processing Enviromental Protection. 2016. Kiev, Ukrayna. (sözlü sunum)

- Özdemir, İ., Kabay, N., Ötleş, S. ve Yüksel, M., From Sorbents to Membranes. Whey and Whey Processing. 2016. Kiev, Ukrayna. (sözlü sunum)

- Özdemir, İ., Jarma, Y. J., Altıok, E., Kabay, N., Ötleş, S. ve Yüksel, M., Peyniraltı Suyunun İşlenmesinde Ultrafiltrasyon (UF) ve Nanofiltrasyon (NF) Yöntemlerinin Uygulanması. 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK2016). 2016. İzmir. (poster sunum)

- Özdemir, İ., Altıok, E., Kabay, N., Ötleş, S. ve Yüksel, M., A Comparative Study for Efficiency Analysis of Membrane Processes for Cheese Whey Demineralization. IWA Regional Symposium on Water, Wastewater and Environment. 2017. Çeşme, İzmir. (poster sunum)

- Özdemir, İ. ve Ötleş, S., Gıdaların İşlenmesi Proseslerinde Kullanılan Suyun Kalitesi ve Gıda Kalitesi Üzerine Etkisi. Plastik & Ambalaj Teknolojisi Dergisi. 2016. 46-47.

- Özdemir, İ. ve Ötleş, S., Gıda Endüstrisinde Suyun Geri kullanımı ve Hijyeni. Dünya Gıda Dergisi. 2016. 86-88

Dahil Olduğu Ulusal / Uluslararası Projeler

TUBİTAK-NASU, Gıda Endüstrisinde Kullanılan Suyun Geri Kazanılmasında ve Peyniraltı Suyunun Tuzsuzlaştırılmasında Membran Teknolojilerin Uygulanması. Proje no: 114M551. 2015-2017

EKLER

Ek 1: PW-F membranı için farklı uygulama basınçlarında elde edilen ortalama süzüntü akılarının zamana karşı elde edilen değerleri

Ek:2 UF-PW membranı için deneysel veri ve hesaplanan değerler

Ek:3 UF-JW membranı için süzüntü akısı değerleri



Ek 1: PW-F membranı için farklı uygulama basınçlarında elde edilen ortalama süzüntü akılarının zamana karşı elde edilen değerleri (Şekil 3.9)

Zaman (dak)	P (Bar)	Konsantre Akış Hızı Qc (L/h)	Süzüntü Akış Hızı Qp (L/h)	Süzüntü Akısı Jv (L/h.m ²)
0	4	96	0.684	48.86
15	4	96	0.684	48.86
30	4	96	0.384	27.43
45	4	96	0.384	27.43
60	4	96	0.348	24.86
75	4	96	0.312	22.29
90	6	96	0.36	25.71
105	6	96	0.336	24.00
120	6	96	0.288	20.57
135	6	96	0.264	18.86
150	8	96	0.228	16.29
165	8	96	0.288	20.57
180	8	96	0.264	18.86
195	8	96	0.24	17.14
210	10	96	0.288	20.57
225	10	96	0.264	18.86
240	10	96	0.24	17.14

Ek:2 UF-PW membranı için deneysel veri ve hesaplanan değerler (Şekil 3.14)

Zaman (dak)	P (Bar)	Konsantre Akış Hızı Qc (L/h)	Süzüntü Akış Hızı Qp (L/h)	Süzüntü Akısı Jv (L/h.m ²)
0	8	96	0.48	34.29
15	8	96	0.48	34.29
30	8	96	0.216	15.43
45	8	96	0.252	18.00
60	8	96	0.24	17.14
75	8	96	0.24	17.14
90	8	96	0.228	16.29
105	8	96	0.228	16.29
120	8	96	0.15	10.71
135	8	96	0.15	10.71
150	8	96	0.216	15.43
165	8	96	0.216	15.43
180	8	96	0.216	15.43
195	8	96	0.216	15.43
210	8	96	0.216	15.43
225	8	96	0.216	15.43
240	8	96	0.216	15.43

Ek:3 UF-JW membranı için süzüntü akısı değerleri (Şekil 3.19)

Zaman (dak)	P (Bar)	Konsantre Akış Hızı Qc (L/h)	Süzüntü Akış Hızı Qp (L/h)	Süzüntü Akısı Jv (L/h.m ²)
0	7	96	0.420	30.0
15	7	96	0.420	30.0
30	7	96	0.420	30.0
45	7	96	0.360	25.7
60	7	96	0.360	25.7
75	7	96	0.360	25.7
90	7	96	0.336	24.0
105	7	96	0.330	23.6
120	7	96	0.300	21.4
135	7	96	0.300	21.4
150	7	96	0.300	21.4
165	7	96	0.300	21.4
180	7	96	0.306	21.9
195	7	96	0.306	21.9
210	7	96	0.312	22.3
225	7	96	0.300	21.4
240	7	96	0.306	21.9