

Membran Teknolojisi

Katı-sıvı, katı-gaz, sıvı-sıvı ve sıvı-gaz ayırımlarının gerçekleştirilebildiği bu teknik *tıp, ilaç, kimya, gıda ve tekstil* endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

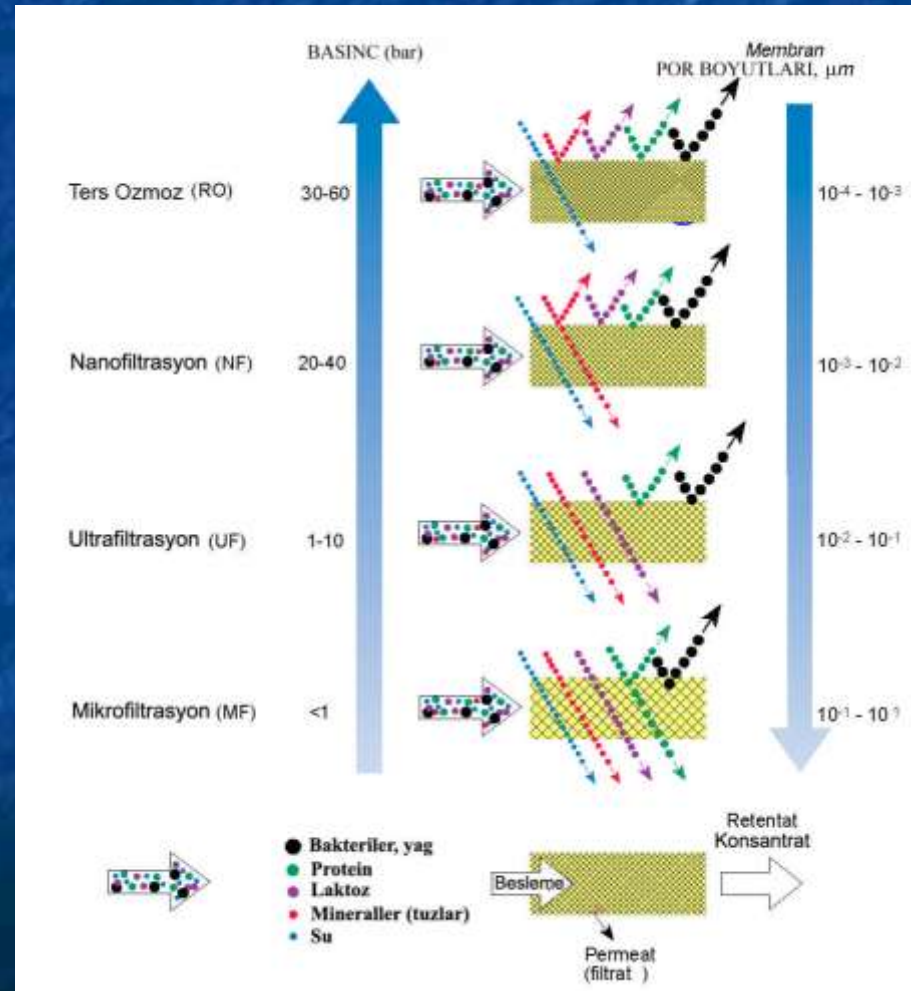
Gıda Sanayindeki kullanım alanlarına **suların saflaştırılması, meyve suyu ve süt ürünlerinin konsantre edilmesi, protein çözeltilerinin geri kazanılması ve saflaştırılması** vb. işlemler örnek olarak verilebilir.

MEMBRAN AYIRMA TEKNİKLERİ

- Membran, ayırma düzeyine göre belirli genişlikte gözenekleri (por) bulunan, çok ince bir filtrasyon yüzeyidir.
- Endüstriyel düzeyde kullanılış amacına göre membran filtrasyon teknikleri;
 - hiperfiltrasyon (HF) ya da ters osmoz (RO),
 - nanofiltrasyon (NF),
 - ultrafiltrasyon (UF) ve
 - mikrofiltrasyon (MF)olmak üzere dört grup altında toplanmaktadır.

- Bu yöntemler birbirlerine çok benzemekle beraber aralarındaki fark; membran gözenek çaplarından ileri gelmektedir.
- Membran gözenek çaplarının farklı olması, membrandan geçen maddelerin de farklı olmasına neden olmaktadır
- **Membran teknolojisinin temeli, belirli bir basınç altında, belirli gözenek çapına sahip membran filtreler içinden geçirilen herhangi bir sıvının sahip olduğu küçük molekül ağırlıklı bileşenlerin ayrılması ve büyük molekül ağırlıklı bileşenlerin sistemde tutulması prensibine dayanmaktadır.**

Membran filtrasyon yöntemlerinin prensibi



Membran Teknolojisi

İşlem Parametreleri

- membranın tipi ve yapısal özellikleri
- sıcaklık,
- Basınç farkı,
- beslemenin akış hızı ve fiziksel özellikleri (vizkozite, yoğunluk)

membran ayırma işleminin performansını etkileyen önemli işlem parametreleridir.

MEMBRAN AYIRMA TEKNİKLERİ

Membran teknolojisi 1960' larda önce tuzlu suyun içilebilir su haline dönüştürülmeye çalışılmasıyla başlamıştır.

Modern membran ayırma tekniklerinden ultrafiltrasyon ilk kez süt endüstrisinde 1970' lerde uygulanmıştır.

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

Ters ozmoz hiperfiltrasyon olarak da adlandırılmaktadır.

Ters ozmoz teknolojisi, **bilinen en hassas membran filtrasyon** teknolojisidir. **Atık suyun yeniden kullanılabilmesini sağlamak** amacıyla, genellikle endüstriyel atık su arıtımında kullanılan çözünmüş anorganik ve organik maddelerin sudan uzaklaştırılması yada geri kazanılması amacıyla **yüksek basınç** uygulanan bir sistemdir.

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

Yarı geçirgen bir zarla ayrılan düzeneğin bir tarafına meyve suyu diğer tarafına da su konulduğunda, kendiliğinden su kısmından meyve suyu kısmına doğru ve membrandan geçerek bir sıvı (su) akımı gerçekleşir. Bu geçişe **ozmoz** denir.

Ozmoz (madde geçişi) iki kısım arasında bir denge konsantrasyonu oluşuncaya kadar sürer.

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

- Ozmoz olayında, zar yüzeyinden az yoğun olan ortamdan çok yoğun ortama doğru ve kendiliğinden bir madde transferi gerçekleşmektedir.
- Ozmoz olayında etkisi olan bir diğer konu, **ozmotik basınçtır.**

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

Bir kap içinde yarı geçirgen zarla ayrılan iki ayrı konsantrasyondaki sıvının başlangıçta kaptaki seviyeleri aynıdır. Ozmoz olayının ilerlemesiyle **az yoğun ortam (su), yoğunluğu yüksek tarafa geçtiğinden**, su seviyesi düşmekte meyve suyu seviyesi de yükselmektedir. Bu iki sıvı seviyesi arasında ortaya çıkan **fark**, yine sıvıların **ozmotik basınç farkına eşittir**

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

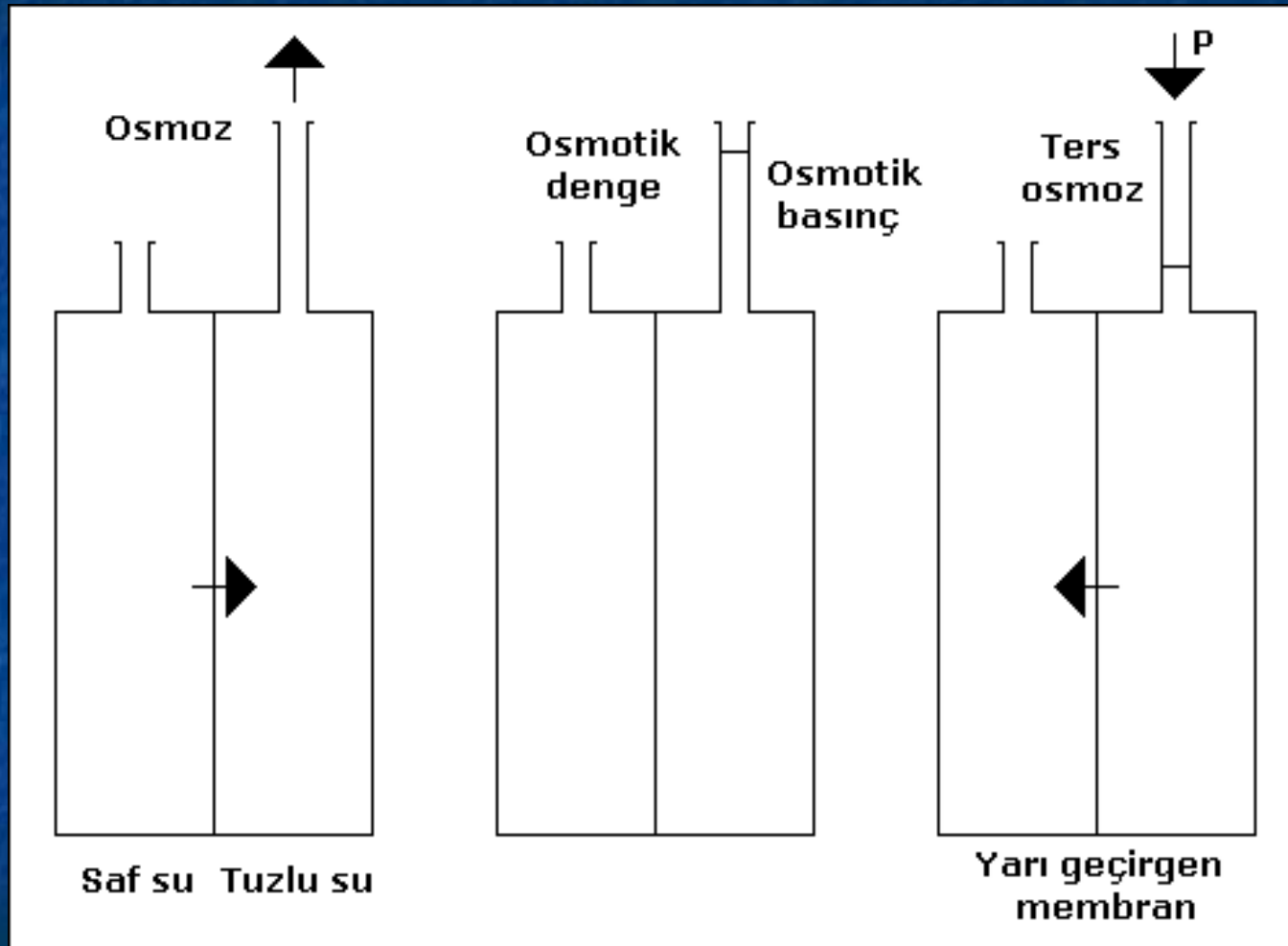
Ters ozmoz olayının temelinde, ozmoz olayında kendiliğinden oluşan sıvı hareketinin yönünü değiştirmek amacıyla, ozmotik basınç farkından faydalanılması yatmaktadır.

<https://www.youtube.com/watch?v=IUDu9ibs9iw>

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

- Eğer meyve suyu ve su gibi iki ayrı sıvı yarı geçirgen bir zarla ayrılıp,
- bir kaba eşit seviyelerde konulursa;
- meyve suyu bulunan kısma sistemin ozmotik basınç farkından daha yüksek bir basınç uygulanırsa,
- madde geçişi yönü değişmekte ve ozmoz olayının tersi gelişerek meyve suyu tarafından su tarafına bir akım ortaya çıkmaktadır.

Bu olaya **ters ozmoz** denir.



Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

Ters ozmoz sonucu meyve suyu tarafından su tarafına yalnız meyve suyunun içindeki su geçebildiğinden, meyve suyu bünyesindeki suyu kaybederek gittikçe konsantre olmaktadır.

Kısaca **ters ozmoz suyunu ayırarak, bir çözeltiyi konsantre etmek amacıyla uygulanan bir tekniktir.**

Ters Ozmoz (Reverse osmosis)

- Endüstride ters ozmoz tekniğinde;
- **sıcaklık,**
- **Ph ve**
- **basınca dirençleri ve**
- **üstün seçicilik özellikleri** nedeniyle **polisulfonamid veya poliamid** gibi sentetik membranlar kullanılmaktadır.

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

Ters ozmoz yönteminin en olumsuz yönü membranı geçen su ile gıdaya aroma veren ve suda çözünen maddelerin kaybolmasıdır. Geliştirilen membran teknolojileri ile üretilen selektif membranlar (por boyutları 10^{-3} - 10^{-4}) ile bu kaybı azaltıcı önemli adımlar atılmıştır.

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)

- Ters ozmoz, **deniz suyunun arıtılmasından domates suyunun konsantre edilmesine** kadar çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir.
- Isı enerjisi kullanıldığı buharlaştırma yöntemlerine göre **enerji tasarrufu sağlar.**
- **Isıyla değişime uğrayan gıdalar ile**
- **gıdanın ısıyla kaybolan aroma maddelerinin kazanılması** bakımından da önemlidir.
- <https://www.youtube.com/watch?v=ufRr4TlzBUw>

İçme Suyu Üretimi

- Suyun içerisinde bulunan **çözünmüş tuzların ve küçük partiküllerin giderilmesi** için membran ayırma prosesi olan Ters Osmos sistemleri kullanılır.
- Reverse Osmosis teknolojisinin temel çalışma prensibi, suyun difüzyonu yani ozmozdur.
- İleri teknoloji ürünü olan **Reverse Osmosis sistemlerinin yarı geçirgen membranları**, yüksek basınç altında içerisinde sadece saf suyun geçmesine izin verirken, **çözünmüş tuzlar, bakteriler, organik ve inorganik maddeler** ile **ağır metalleri** % 99.5'den fazla verimle sudan ayırırlar.
- Bu ayırım hassasiyeti moleküler bazda olup, suyun klasik filtrelenmesi ile yok edilemeyen eriyik haldeki maddeler dahil, tüm yabancı maddeleri yüksek oranlarda sudan ayırarak drenaja gönderir.

- **Reverse Osmosis dışında hiçbir proses, tek başına sudaki bütün yabancı maddeleri bu verimle arıtamaz.**
- Şehirler, Kasabalar, Gıda fabrikalarında, Oteller, Üniversiteler, Tatil Köyleri, Kooperatifler, Konutlar ve Restorantlarda içme ve kullanma sularının arıtılmasında kullanılan Reverse Osmosis sistemleri ile acı kuyu suları, göl, dere ve deniz sularından **yüksek kalitede içme ve kullanma suyu elde edilebilmektedir.**
- Reverse Osmosis sistemleri ayrıca çok yaygın olarak kuyu sularının arıtımı, endüstriler ve enerji santrallerine düşük iletkenlikte proses suyu sağlamak için de kullanılmaktadır.

Şeker Şurubunun Hazırlanmasında:

Şeker endüstrisinde konsantrasyonu arttırmak amacıyla genellikle TO membranlar kullanılır. TO genellikle ısısal konsantrasyonun istenmediği veya etkisiz olduğu durumlarda kullanılır. TO membranlar suyun % 60'ını uzaklaştırarak işlenmemiş şeker suyunu 12 'den 30° Brix'e çıkarır. TO membranlar etkin molekül ağırlık sınırı özellikleri sayesinde renge olumsuz etkisi olan tanenler ve diğer organik bileşenleri uzaklaştırırlar.



Nanofiltrasyon (NF)

- Ultraozmosiz olarak da bilinen bu yöntem,
- Sulu çözeltilerdeki seçilmiş düşük molekül ağırlıklı çözünmüş maddelerin ayrılmasında veya diğer bileşiklerin konsantrasyonunda kullanılmaktadır.
- Burada kullanılan filtre membranı RO yönteminde kullanılabilecek kadar küçük, UF membranından daha az geçirgendir.

- **Genellikle bakterilerin, virüslerin, organik kalıntıların, ve sertliğin uzaklaştırılmasında** kullanılır.
- Ayrılma işlemi organik bir yarı geçirgen membrandan oluşan seçici geçirgen bir tabaka üzerinde gerçekleşir.
- İşlemde itici güç membranın iki tarafındaki besleme ve süzüntü arasındaki basınç farkıdır.
- Bu yöntemden daha çok **peyniraltı suyunun demineralizasyonunda yararlanılmaktadır.**
- **Por boyutları 10^{-3} - 10^{-2} mikron**

Ultrafiltrasyon (UF)

Ultrafiltrasyon tekniği belirli bir gözenek büyüklüğü ve ayırma özelliği bulunan membranlar kullanılarak basınç altında gerçekleştirilmektedir.

Membran gözenek boyutları 10^{-1} – 10^{-2} mikron arasında değişmektedir.

Meyve sularının filtrasyonunda kullanılmaktadır.

<https://www.youtube.com/watch?v=HDFDfIiUu0Y>

- **UF membranları; gözenek çapları büyük molekül ağırlıklı proteinleri, yağı ve bakteri hücrelerini tutarken su, laktoz, mineral maddeler ve küçük moleküllü proteinleri geçirmektedir.**
- Dolayısıyla **sütün proteinli maddelerinin denatüre edilmeden ayrılması** mümkün olmaktadır.
- **Protein ve nişasta gibi ısıya duyarlı moleküller** için UF tekniğiyle ortam sıcaklığında yapılan konsantre etme işlemi bunların **çözünebilirlik, köpük ve jel oluşturma kapasitesi, emülsifiye olma, su ve yağ bağlama gibi fonksiyonel özelliklerini** olumsuz etkileyen ısı reaksiyonları en aza indirger.
- Ayrıca UF **gıda proses ve fermantasyon atıklarındaki yararlı bileşenleri geri kazanmak amacıyla** da kullanılır.
- Bu amaçla en çok **süt ürünleri endüstrisinde** yararlanılır.

Ultrafiltre



Mikrofiltrasyon (MF)

- Mikrofiltrasyon ultrafiltrasyonun kaba bir uygulamasıdır.
- Membran ayırma sınırı molekül ağırlığı ve partikül büyüklüğü ile ifade edilir.
- Membran ayırma sınırı **0,1-10 mikron** arasındadır.
- **MF kolloidler, yağ globülleri ve hücreler gibi dağılmış parçacıkları ayrıştırırken**
- **UF çözünmüş makromoleküllerin de ayrıştırıldığı** bir prosesdir.

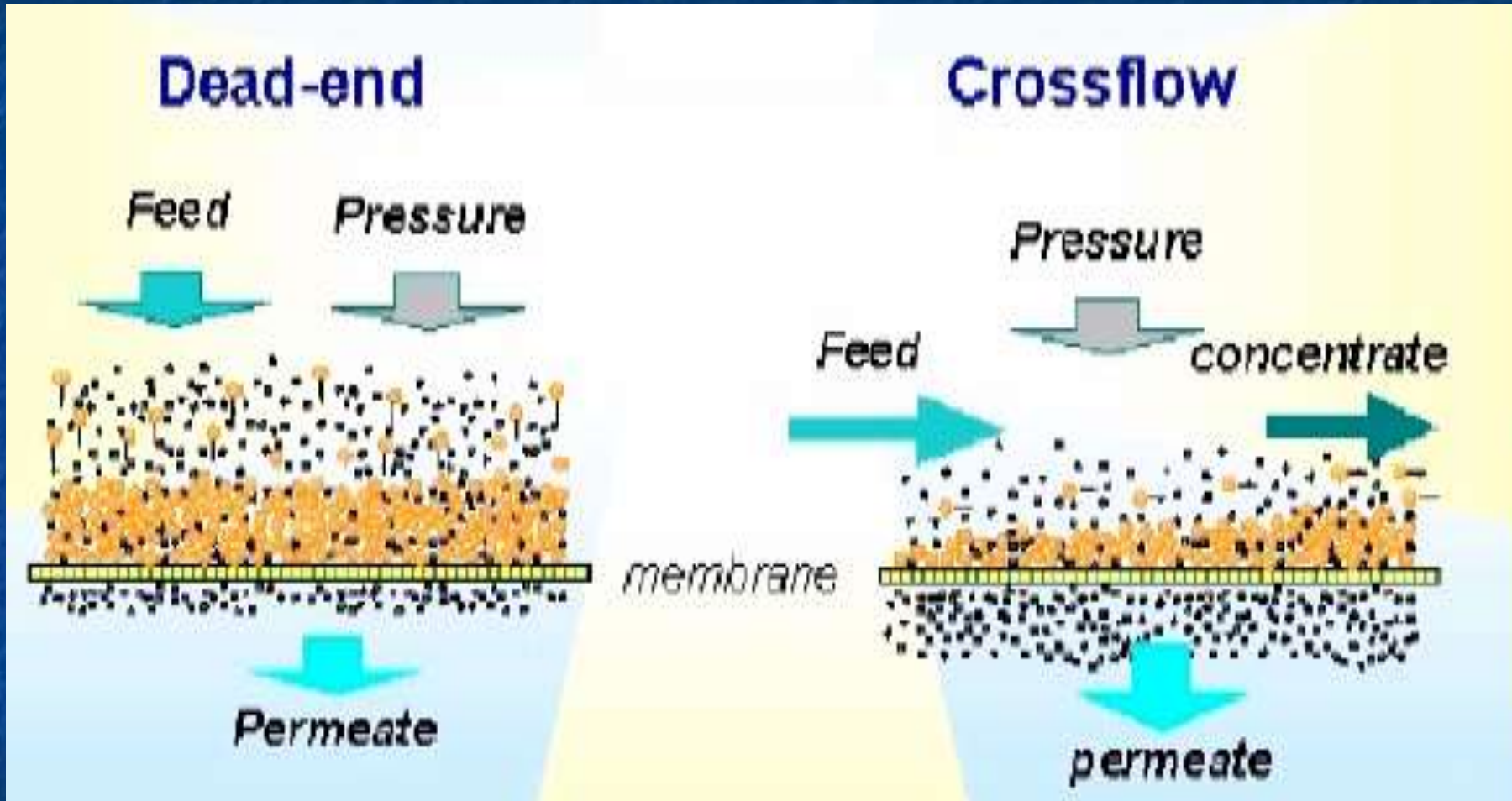
Membran Teknolojisi

Permeat, membrandan **geçen kısımdır**.
Örneğin meyve suyunun berrak kısmı.
Filtrat olarak da adlandırılabilir.

Retentat, membrandan **geçemeyen kısım** olup, konsantrat olarak da isimlendirilir.

- Basınç ürün beslemeye dik olarak yapıldığında filtrasyon hızı artmaktadır.

Membran Teknolojisi

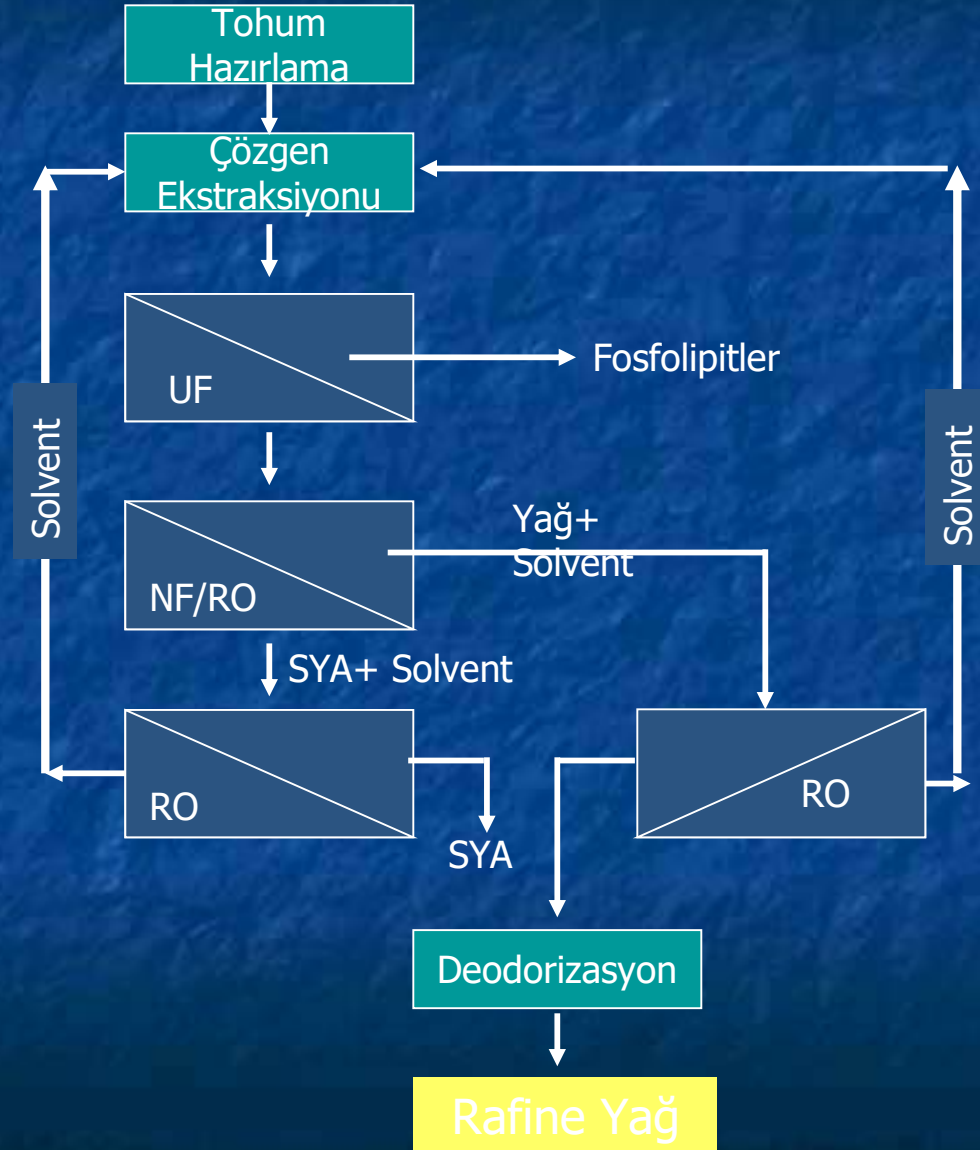
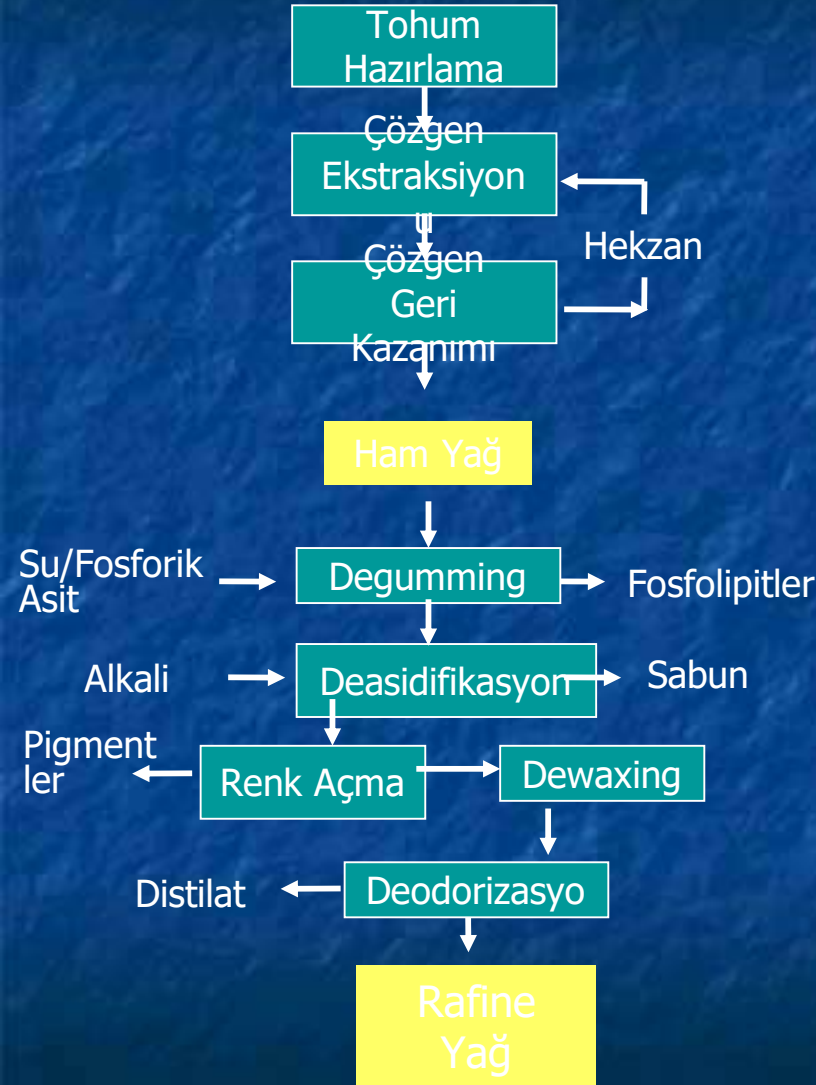


- Baskın ürün beslemeye dik olarak yapıldığında filtrasyon hızı artmaktadır.

Yenilebilir Yağların Rafinasyonu

- Membranların çözücü dirençlerinin artması sonucu yenilebilir yağların rafinasyonunda UF ve MF uygulamalarına yönelim de artmıştır.
- Genellikle yenilebilir bitkisel yağların saflaştırılması ve üretiminde kimyasal rafinasyon kullanılmaktadır.
- Ancak kimyasal rafinasyonda prosesler arasında ürünü ısıtma, soğutma ve gerekli vakumun oluşturulması için çok fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.
- Alkali solüsyonlarla işlem yapılmasından dolayı kimyasal hasar artmakta bu da önemli oranda ürün kaybına neden olmaktadır.
- İşlenmemiş miselde degumming işlemi ve süzölmüş miselden hegzan uzaklaştırılması ve hatta ağartma UF ile tek aşamada yapılabilir.
- Ayrıca hidrojenlenmiş yağlardan katalizör uzaklaştırılması ve kullanılmış kızartma yağının yeniden kullanılması amacıyla da membran teknolojisinin kullanılması mümkündür.

Yağ Sanayiinde Membran Uygulamaları



Meyve Suyu ve Meşrubat Sanayii:

- Meyve suları raf ömürlerinin uzatılması, taşıma ve depolama maliyetlerinin azaltılması amacıyla konsantre edilirler.
- Satışa sunulmadan önce de sulandırılıp pastörize edilir ve ambalajlanırlar.
- Konsantre etme işlemi genelde vakumlu evaporasyonla yapılır ve bu işlem sırasında uçucu aroma maddeleri buharla birlikte kaybolur ve ısı işlem ürün kalitesinin düşmesine neden olur.

- **Meyve sularını konsantre etmek için membran teknolojisi kullanıldığında ise aroma kaybı olmadığından daha kaliteli bir ürün elde edilmiş olur.**
- **Ticari olarak farklı tip meyve suyu konsantrasyonunda TO kullanılmaktadır.**
- Poliamid membranlar kullanılarak yüksek oranda aroma tutulmasının sağlandığı belirlenmiştir.
- Ancak ozmotik basınç ve viskozite nedeniyle TO 20-25°Brix katı madde içeriğine ulaşılan bir ön konsantrasyon basamağı olarak kullanılabiliyorken,
- Ancak son zamanlarda bir seri TO uygulamasıyla 55-70°Brix ürünler elde edilebilmektedir.

- **Membran teknolojisinin avantajları;**
 - termal bir proses olmaması ve uygulama sırasında faz değişimi olmaması nedeniyle enerji gereksiniminin düşük olması,
 - ayrıştırma sırasında ekstrakte edici veya absorblayıcı maddelere ihtiyaç duyulmaması,
 - Bu özellikler aynı zamanda ürün kalitesinin yükselmesine yol açmakta ve özellikle gıda sanayiinde kullanılmalarını teşvik etmektedir.
 - Ayrıca membran modüllerinin kurulması oldukça basit ve kullanımı kolaydır.

- Tüm bu avantajlarına rağmen ülkemizde membran teknolojisi gıda sanayiinde ancak son birkaç yıldır kullanım alanı bulmaktadır.
- Bunun en önemli nedenler;
 - prosesin kurulum masrafının yüksek olması nedeniyle tercih edilmemesidir. (ayrıntılı ekonomik analizinin yapılması durumunda işletme maliyetinin çok daha düşük olduğu görülmektedir),
 - bu konuda yetişmiş yeterli uzman eleman olmaması nedeniyle teknik hakkında eksik veya yanlış bilgiler bulunmasıdır.
 - Son yıllarda dünyada ve ülkemizde kaliteli ürün talebinin artmasıyla üretimde bu yeni proseslerin kullanılmasına başlanmıştır.