



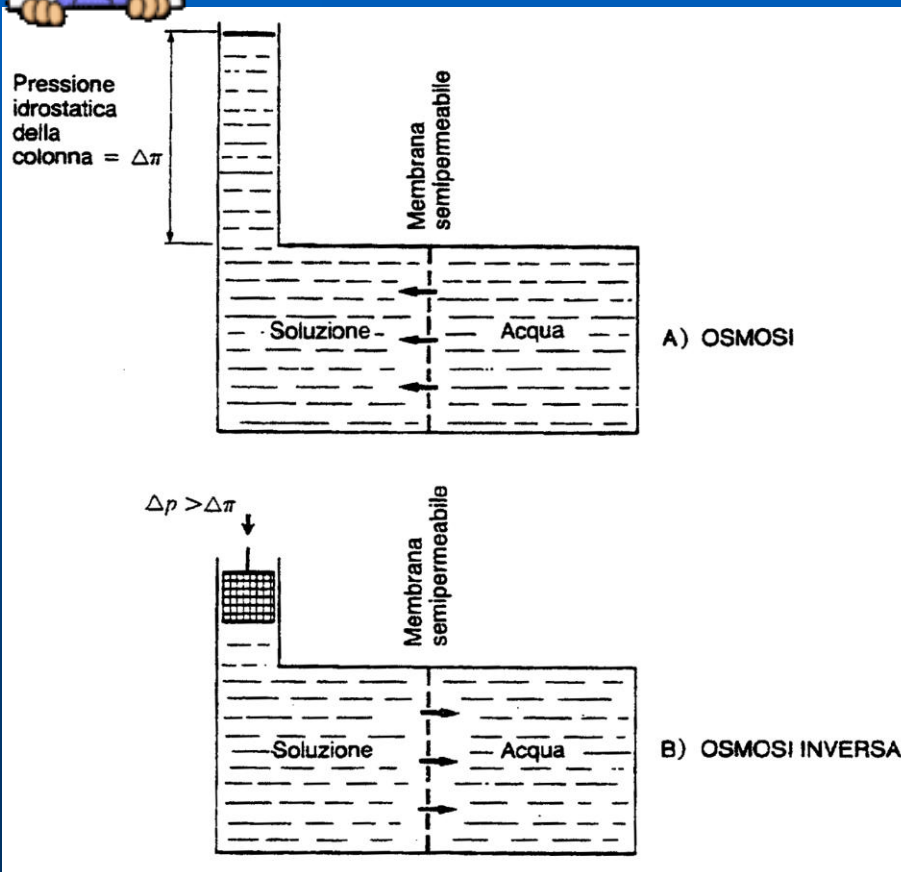
OSMOSI INVERSA e ULTRAFILTRAZIONE

L'osmosi inversa e l'ultrafiltrazione sono tecniche di concentrazione e separazione a livello molecolare caratterizzate dall'impiego di membrane altamente selettive

Forza direttrice  **Gradiente di pressione**

PRINCIPI DELL'OSMOSI INVERSA

L'osmosi inversa è una tecnica che consente la separazione dell'acqua dalle sostanze in essa disciolte, siano esse molecole o ioni.



Il fenomeno osmotico può essere messo in evidenza ad esempio dall'innalzamento del livello della soluzione in una colonna fino a che la pressione idrostatica della colonna liquida non equilibra la pressione osmotica.

Chiamiamo $\Delta\pi$ tale valore di pressione.

Se però immaginiamo di sottoporre la soluzione ad una pressione $\Delta p > \Delta\pi$ allora il flusso sarà invertito e la soluzione tenderà a passare dal lato dell'acqua; poiché però la membrana è permeabile solo all'acqua e non ai soluti si avrà in realtà un passaggio di sola acqua. In tal modo la soluzione tenderà a concentrarsi.

Le applicazioni pratiche dell'osmosi inversa

Per ciò che concerne le industrie alimentari

Questa tecnica può consentire la concentrazione di succhi, estratti e soluzioni a temperatura ambiente, senza ricorrere all'evaporazione che comporta l'uso del calore con effetti negativi sulla qualità del prodotto.



Calcolo della pressione osmotica



La pressione osmotica di una soluzione è determinata dal numero di molecole presenti.

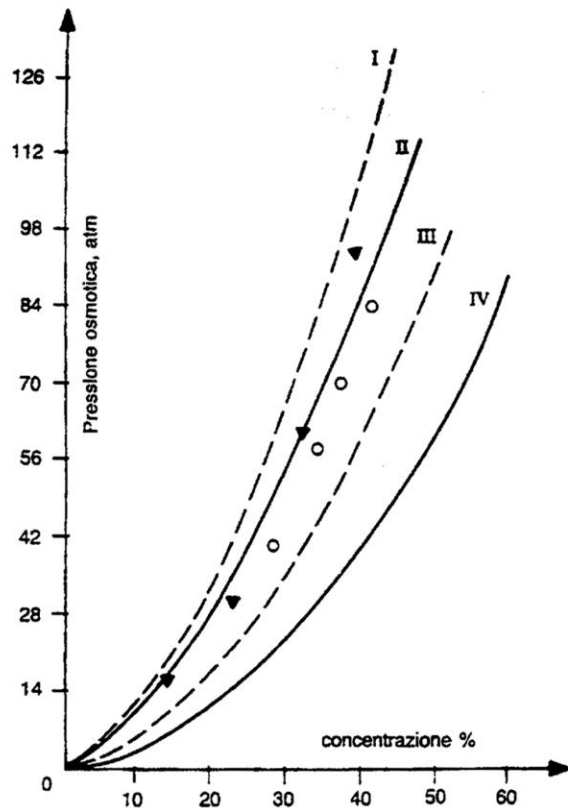
$$\Delta\pi = CRT$$

Equazione di VAN'T HOFF

La pressione osmotica è tanto più elevata quanto più piccola è la molecola considerata e, di conseguenza, a parità di concentrazione, più elevato è il numero di molecole in soluzione.

Soluzioni di macromolecole hanno pressioni osmotiche molto basse.

Soluzioni Prodotti Alimentari



Pressione osmotica di varie soluzioni in funzione della concentrazione.

- Glucosio; II - Monosaccaride; III - Saccarosio; IV - Disaccaride; O - Succo d'arancia; ▽ - Succo di mela; — - Curve calcolate applicando l'equazione di Van't Hoff; - Curve sperimentali.

La figura mostra le curve di variazione della pressione osmotica di succhi e soluzioni zuccherine con il variare della concentrazione in solidi. Come si può notare la pressione osmotica dei liquidi zuccherini è molto elevata e aumenta rapidamente all'aumentare della concentrazione.

Ciò significa che le pressioni da applicare in osmosi inversa sono molto elevate, di qualche decina di atmosfere e che, comunque, la forza direttrice dell'operazione si riduce rapidamente all'aumentare della concentrazione.



Permeabilità

Si definisce **permeabilità** la quantità di acqua separata per unità di superficie filtrante e per unità di tempo (generalmente in $\text{lt}/\text{m}^2\text{h}$).

$$\frac{dV}{dt} = K \times A \times (\Delta p - \Delta \pi)$$

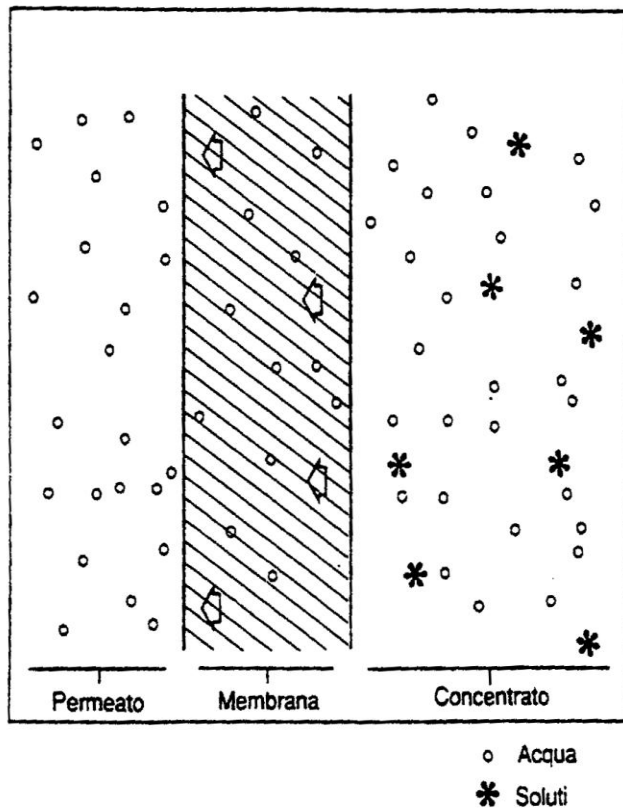
Equazione di Permeabilità

K è una costante di permeabilità dipendente dalle caratteristiche della membrana e della soluzione trattata.

La soluzione che viene ritenuta è detta **concentrato** e l'acqua che passa attraverso la membrana è detta **permeato**.



Meccanismo di trasporto



L'opinione prevalente per il meccanismo di trasporto dell'acqua attraverso la membrana è che si tratti di un meccanismo di diffusione che comporterebbe una vera dissoluzione dell'acqua nel polimero della membrana e la sua migrazione per effetto del gradiente di pressione. Questo meccanismo è schematizzato in figura.

E' chiaro che questo meccanismo si può attuare soltanto con membrane che hanno una forte affinità per l'acqua: fra i diversi polimeri sperimentati, l'acetato di cellulosa è quello che ha dato finora i migliori risultati, consentendo le permeabilità più elevate.

Ritenzione



In realtà non esistono membrane perfettamente semipermeabili, cosicché una sia pur minima quantità di soluti passa nel permeato.

Si definisce RITENZIONE

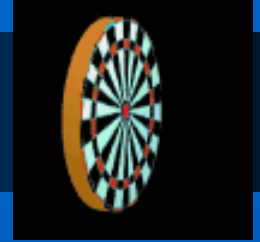
$$R = 1 - \frac{C_p}{C_s}$$

dove C_s , è la concentrazione specie molecolare o ionica nella soluzione e C_p la sua concentrazione nel permeato.

Per una membrana perfettamente semipermeabile $C_p = 0$ e $R = 100\%$.

Per una membrana porosa senza capacità di ritenzione per molecole e ioni $C_p = C_s$ e $R = 0\%$.

Ritenzione e caratteristiche del soluto



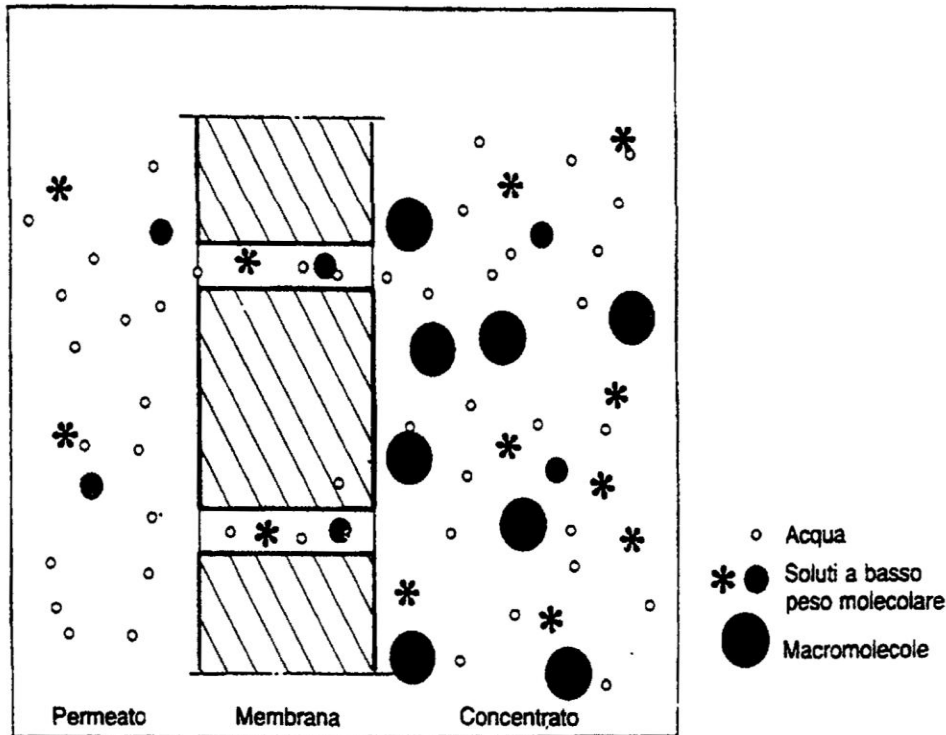
Una ritenzione inferiore al 100% è generalmente dovuta anche ad imperfezioni della membrana, micropori estremamente sottili che lasciano passare la soluzione tal quale.

La ritenzione è funzione anche delle condizioni operative, in particolare della pressione.



Un aumento di pressione determina sempre un aumento di ritenzione.

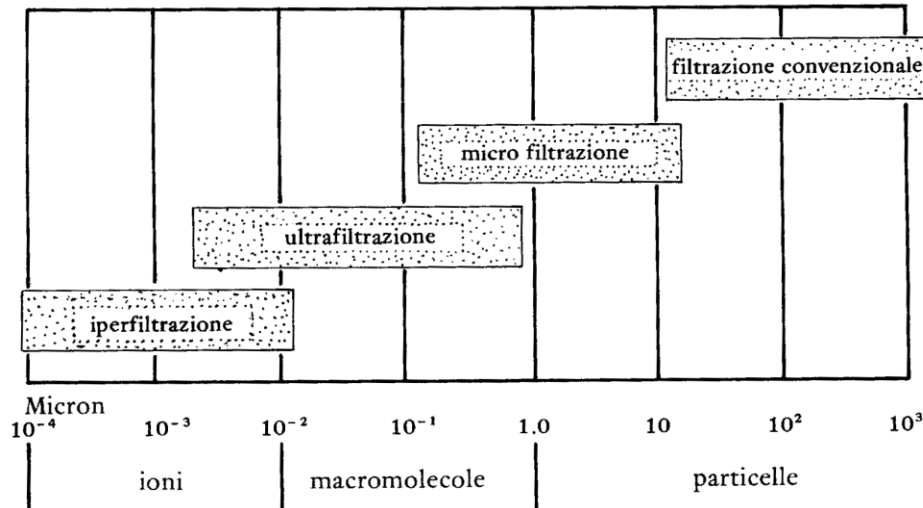
PRINCIPI DELL'ULTRAFILTRAZIONE



L'ultrafiltrazione agisce con un **meccanismo di setacciamento** del tutto identico a quello della filtrazione su membrana.



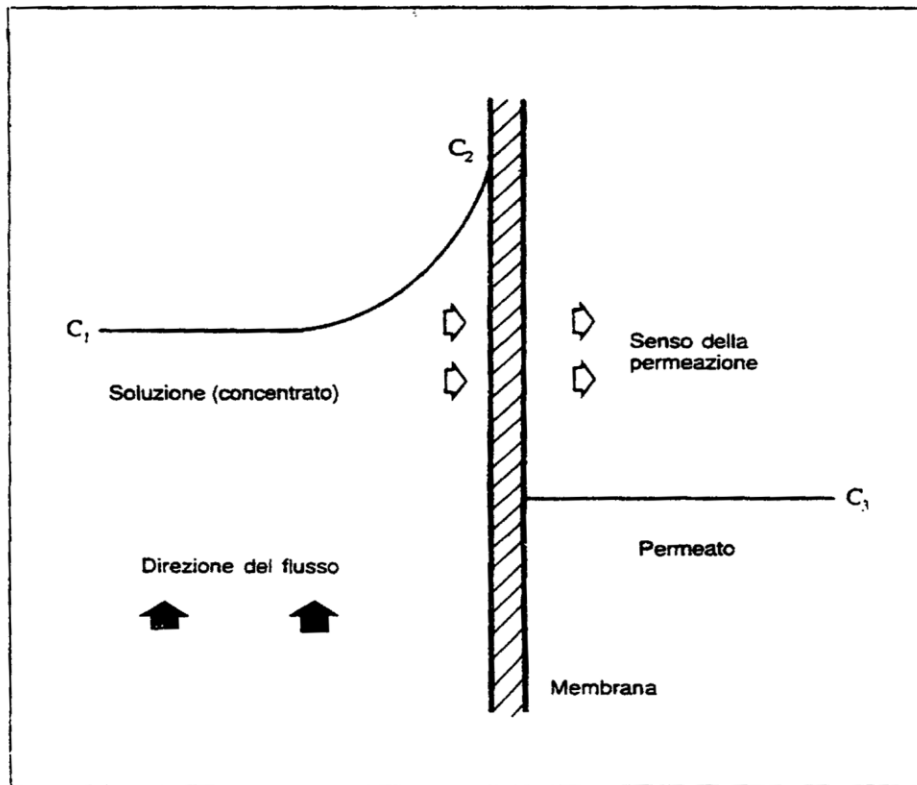
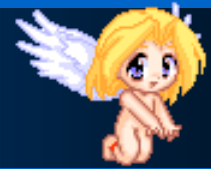
Differenza dell'ultrafiltrazione



La differenza dell'ultrafiltrazione rispetto alla microfiltrazione è semplicemente nelle dimensioni dei pori che sono, nell'ultrafiltrazione, così sottili (dell'ordine del millimicron, dunque mille volte più sottili di quelli delle membrane sterilizzanti) da consentire la **ritenzione di macromolecole**, lasciando invece passare le sostanze a basso peso molecolare.

Le implicazioni pratiche di questa possibilità sono evidenti: consistono principalmente nella concentrazione e purificazione di macromolecole in soluzioni complesse eliminando sali, zuccheri, acidi e qualunque altro composto a basso peso molecolare.

FENOMENI DI POLARIZZAZIONE



La concentrazione soluzione che viene a contatto della membrana, a causa della separazione del permeato, è più elevata della concentrazione media che si ha nella massa di liquido.

Il fenomeno è stato chiamato **concentrazione di polarizzazione**.



Effetti pratici della polarizzazione

Gli effetti pratici della concentrazione di polarizzazione sono negativi sia in osmosi inversa che in ultrafiltrazione.

osmosi inversa

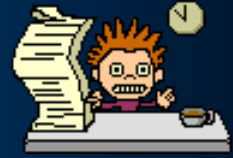
la concentrazione di polarizzazione determina al tempo stesso una diminuzione di permeabilità e di ritenzione dei soluti.

ultrafiltrazione

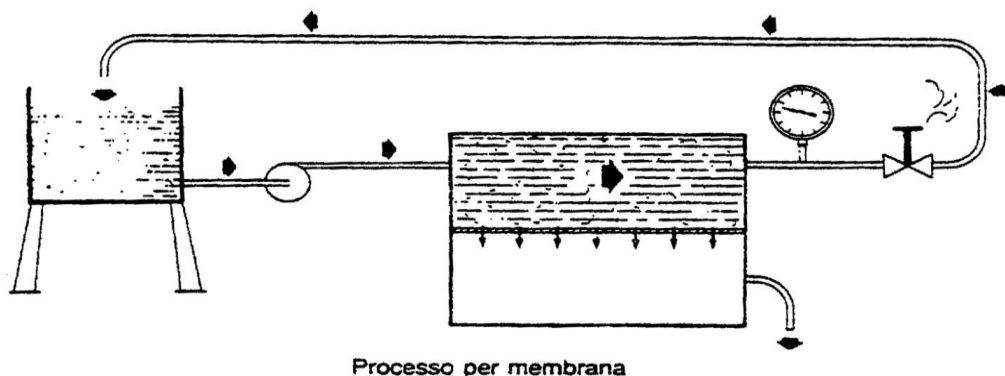
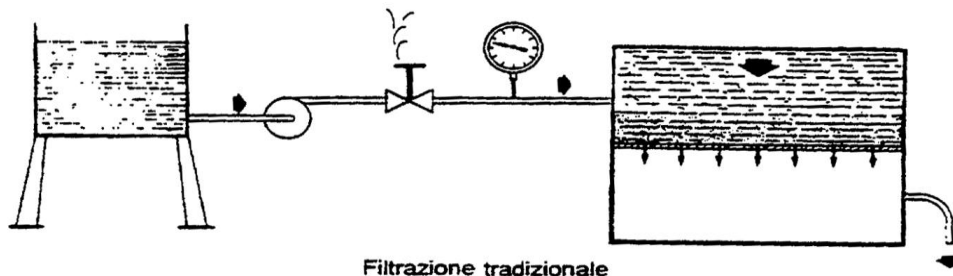
l'effetto della concentrazione di macromolecole alla superficie della membrana determina fenomeni di colmataggio che riducono la permeabilità.

Si può dunque concludere che la concentrazione di polarizzazione è un fenomeno negativo, che deve essere minimizzato.

Minimizzazione della polarizzazione



Per minimizzare il fenomeno gli impianti di osmosi inversa e ultrafiltrazione si realizzano con passaggio della soluzione tangenzialmente alla membrana e non alimentandola in direzione normale come si fa nei processi tradizionali di filtrazione.

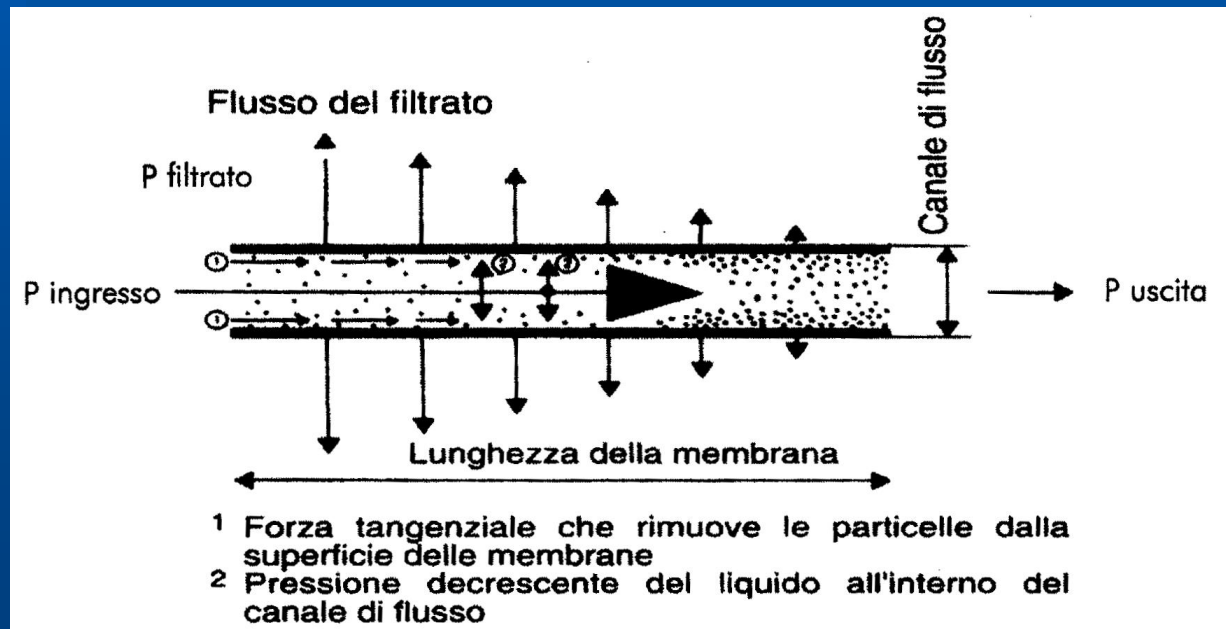


E' necessario anche **ottimizzare le condizioni del moto** della soluzione per minimizzare la polarizzazione: è evidente che un aumento della velocità di passaggio della soluzione e un aumento dei fenomeni di turbolenza determina un più intenso rimescolamento della soluzione negli strati immediatamente a contatto della membrana.



Filtrazione Dinamica o Cross-Flow

La soluzione da separare passa, sotto forte pressione, tangenzialmente alla superficie della membrana filtrante, che costituisce il cuore del sistema, e la cui porosità ("cut-off") determina la separazione delle due fasi: il concentrato (redendato), che resta all'interno della membrana e il permeato, che lo attraversa.





Altre variabili operative

Oltre che dalla velocità di circolazione della soluzione le prestazioni di una membrana dipendono da altre condizioni operative:

- **La temperatura.** Da essa dipende la viscosità della soluzione che gioca un'essenziale sulla concentrazione di polarizzazione. Una diminuzione di viscosità favorisce una maggiore turbolenza della soluzione a contatto della membrana e determina perciò aumenti della permeabilità.
- **La pressione.** Sia in osmosi inversa che in ultrafiltrazione un aumento di pressione determina un aumento di permeabilità. Tuttavia in presenza di materiale colmatante ciò può non verificarsi. E il caso dell'ultrafiltrazione di soluzioni proteiche in cui, oltre certi valori, un aumento di pressione non produce alcun aumento di permeabilità e talvolta ne determina una diminuzione.
- **La concentrazione.** Più elevata è la concentrazione, minore è la permeabilità.

Tecniche di filtrazione tangenziale



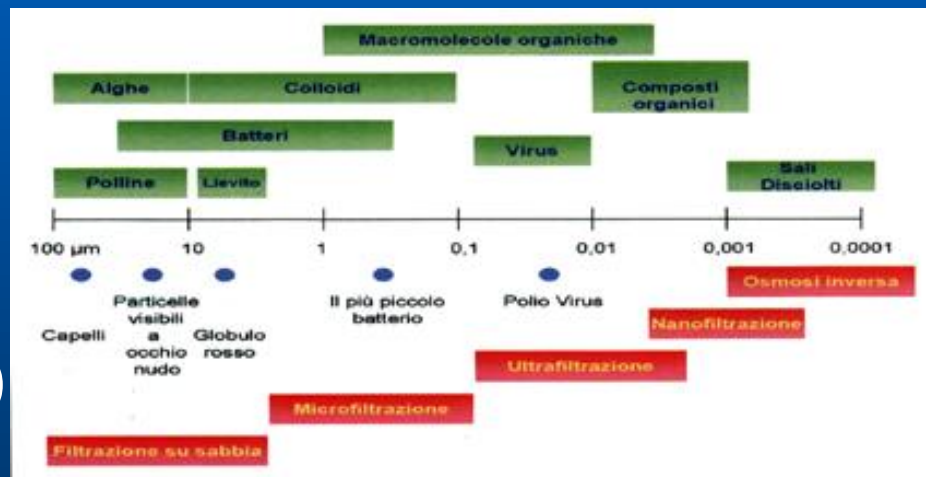
Le più note tecniche di filtrazione tangenziale sono, in ordine crescente di pressioni applicate:

➔ la microfiltrazione **MF** (1-3 bar)
vengono separate particelle di peso molecolare superiore a 200.000 Daltons su membrane a elevata porosità.

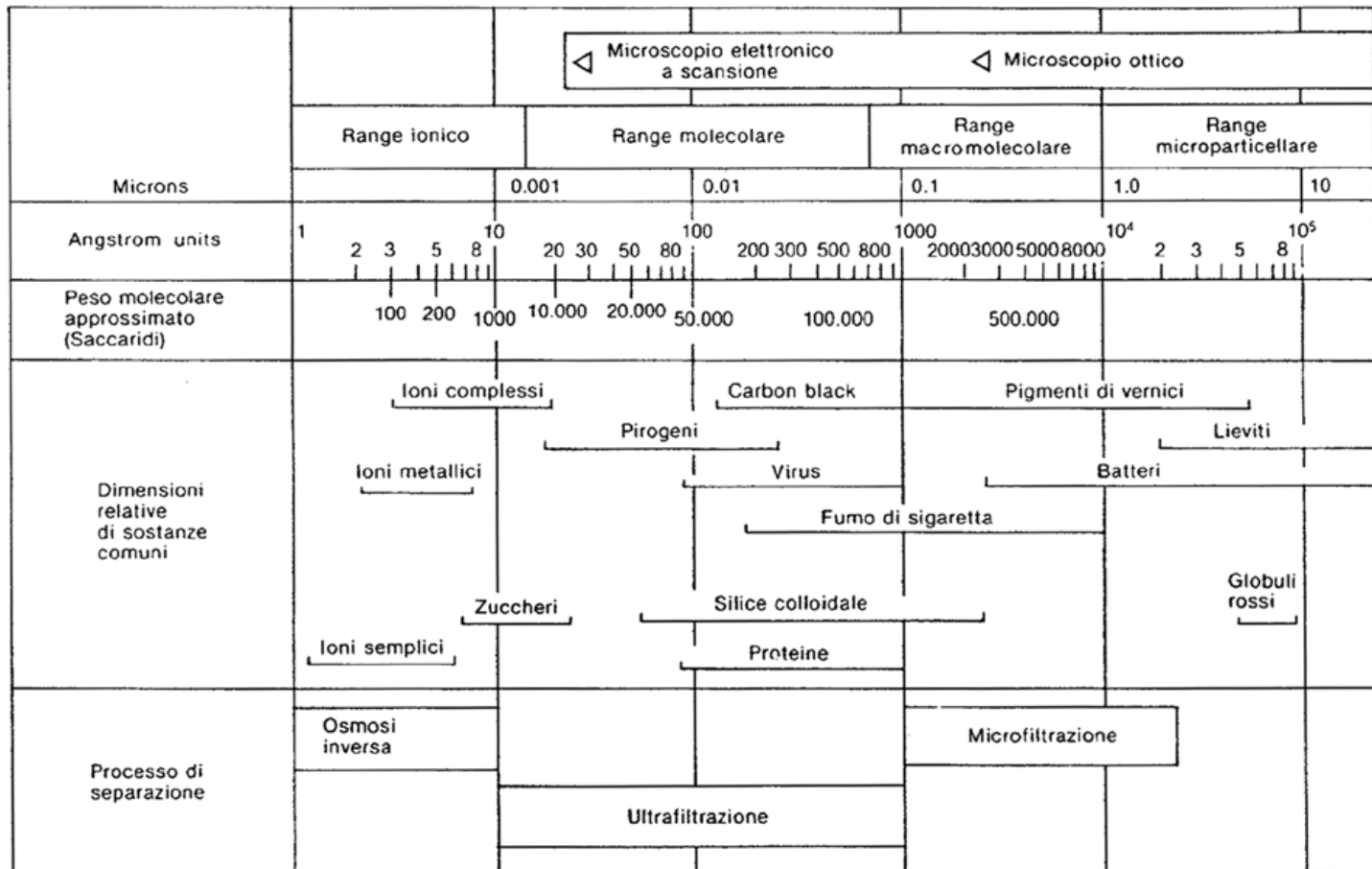
➔ la ultrafiltrazione **UF** (2-10 bar)
si separano macromolecole con un peso compreso tra 1.000 e 200.000 Daltons su membrane microporose.

➔ la nanofiltrazione **NF** (10-20 bar)
trattiene invece le particelle di peso molecolare compreso tra 300 e 1000 Daltons.

➔ l'osmosi inversa **RO** (30-50 bar)
detto anche iperfiltrazione, utilizza membrane con un cut-off di circa 150 Daltons per rimuovere l'acqua.



Classificazione dei Processi a Membrana

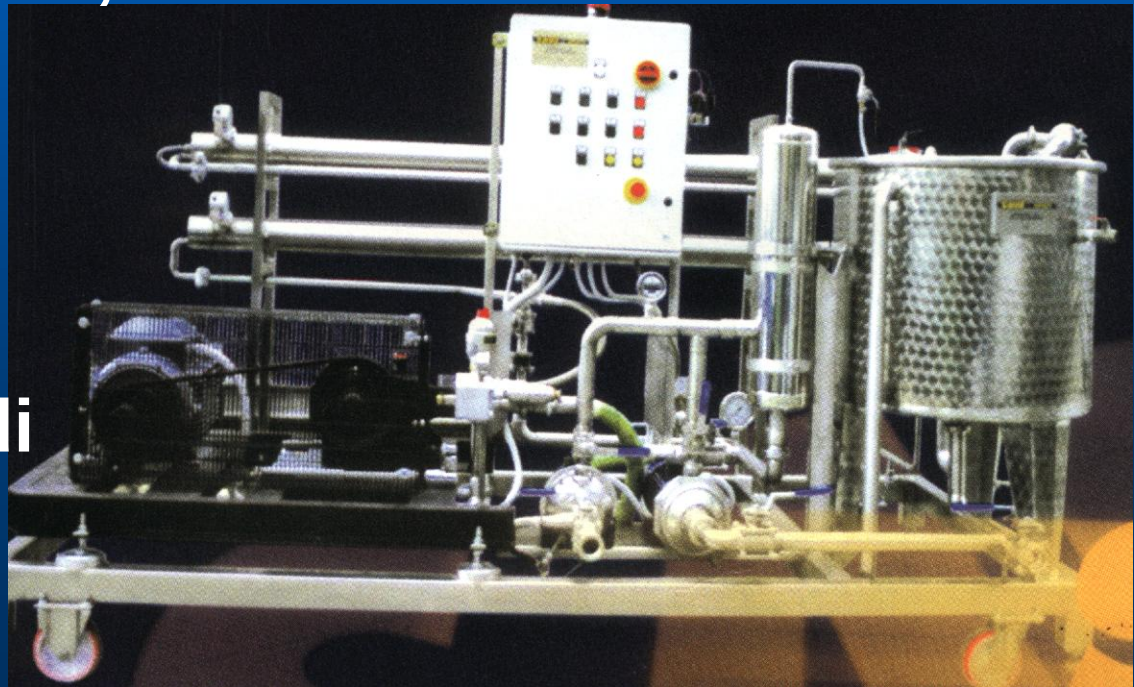


Semplicità Costruttiva



Gli impianti sono relativamente semplici e sono essenzialmente costituiti da:

- membrane selettive;
- supporti per le membrane;
- pompa di alimentazione;
- strumentazione di controllo delle pressioni e delle temperature.



Caratteristiche degli Impianti



Gli impianti di osmosi inversa ed ultrafiltrazione sono concettualmente simili anche se vi sono differenze dovute soprattutto alla diversa pressione che si usa nelle due tecniche.

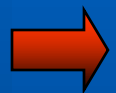
Gli attributi di un buon impianto di osmosi inversa e ultrafiltrazione sono:

- **Igienicità del disegno** in modo da consentire un facile lavaggio e l'ispezione delle membrane;
- **Facilità di smontaggio e sostituzione** delle membrane rotte;
- **Compattezza del disegno** in modo da consentire l'assemblaggio di elevate superfici filtranti;
- **Condizioni di circolazione** del concentrato tali da minimizzare la concentrazione di polarizzazione.
- **Volumi morti ridotti.** Ciò riduce i problemi di avviamento e arresto dell'impianto e fa diminuire i tempi di permanenza del prodotto in circolazione, riducendo così i pericoli di alterazione e sviluppo microbico.
- **Requisito economico** che deve consentire costi accettabili di acquisto e di funzionamento.



Materiale costruttivo delle Membrane

Le membrane per filtrazione tangenziale sono essenzialmente di tre tipi:



In acetato di cellulosa

storicamente le prime realizzate, poco resistente alla temperatura, agli agenti chimici e meccanici.



In materiale polimerico sintetico

(poliammidico o polisulfonico) le più diffuse membrane per filtrazione tangenziale .



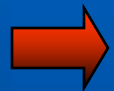
Di tipo minerale

(allumina, zirconio e carbone) più recentemente sviluppate : si tratta di materiali che hanno permesso di estendere la filtrazione tangenziale a condizioni operative sino a pochi anni fa impensabili, come temperature di 150°C, pressioni di circa 100 bar, pH tra 1 e 14 . Tuttavia, a frenarne la diffusione su larga scala vi è il loro costo, ancora elevato.

Struttura delle Membrane



In linea generale, dal punto di vista della struttura le membrane, che presentano tutte una porosità assoluta nominale, si possono suddividere in:



asimmetriche

di un unico materiale con lo strato superficiale a porosità più fine.



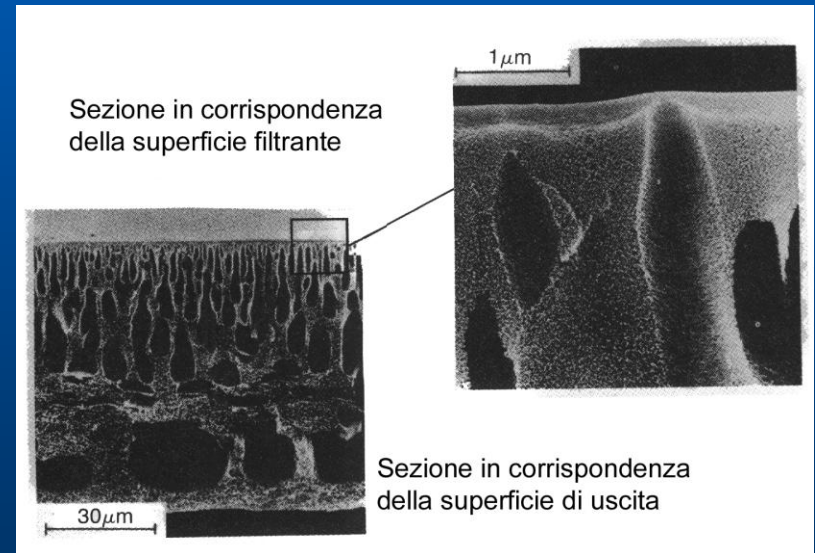
simmetriche

di un unico materiale e a porosità omogenea.



composite-asimmetriche

con lo strato filtrante fornito di un supporto di altro materiale



Fouling



Per "fouling" si intende lo sporcamento della membrana per deposizione e accumulo di materiale al di sopra di essa, con effetti sulle proprietà selettive della membrana.

Per ripristinare l'efficienza iniziale di filtrazione non è sufficiente modificare le condizioni operative, ma solo tramite opportuni lavaggi è possibile "rigenerare" la membrana.

Danni permanenti si possono provocare se si supera il prodotto di solubilità di alcuni composti i quali precipitano in modo irreversibile (sali di silice, bario, etc). **Il risultato finale di uno sporcamento è la riduzione del flusso di permeato e un peggioramento della qualità di quest'ultimo.**

Lavaggio membrane

Condizioni di lavaggio delle diverse membrane per UF e RO

MEMBRANA

CONDIZIONI

Acetato di cellulosa

- T max = 50°C
- pH acido > 4,0 (0,2% in acido)
- pH alcali < 8,0 (0,1% in alcali)
- cloro non consigliato (< 50 ppm per 10')
- formaldeide non permessa
- enzimi proteolitici possibili, ma non in Europa
- EDTA - ac. gluconico non consigliati
- *back-wash* non permesso
- circolazione acqua > 75'

Polisulfoniche

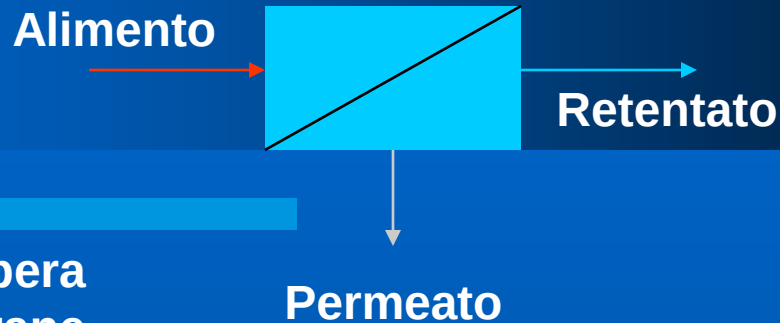
- T max = 80°C
- pH acido > 2,0 (0,5% in acido)
- pH alcali < 11,0 (0,4% in alcali)
- cloro non consigliato (< 75 ppm per 10')
- formaldeide permessa
- enzimi proteolitici possibili, ma non in Europa
- EDTA - ac. gluconico permessi
- *back-wash* non permesso
- circolazione acqua > 60-75'

Minerali

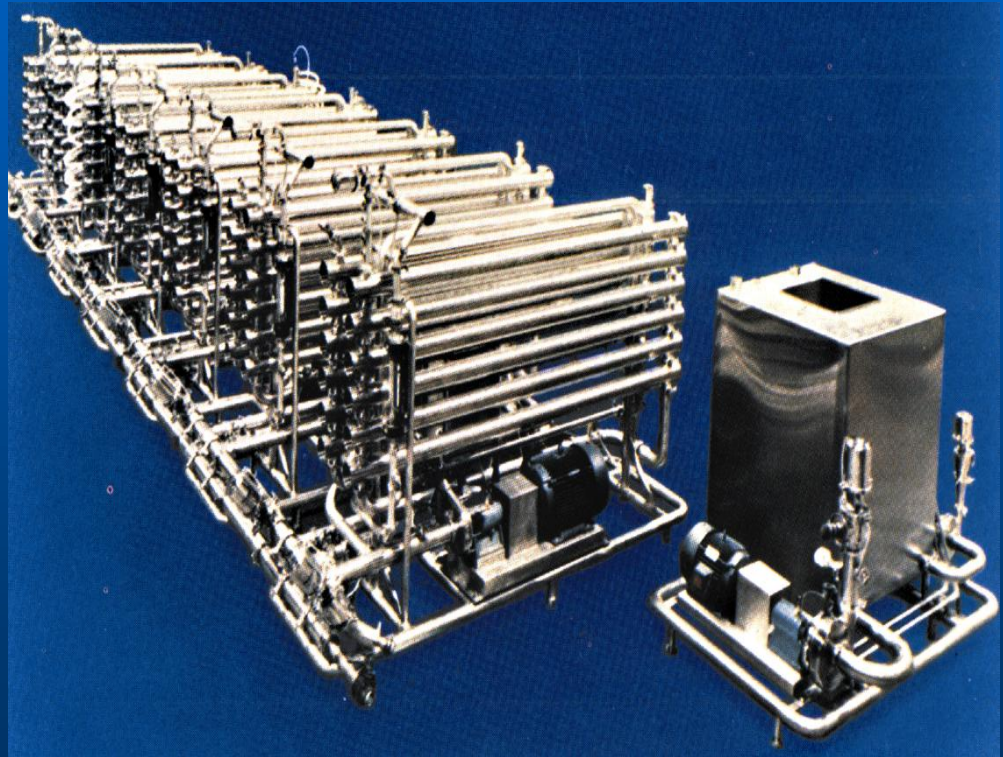
- T max = 140°C
- pH acido > 1,0 (1,0% in acido)
- pH alcali < 14,0 (1,0% in alcali)
- cloro permesso
- formaldeide permessa
- enzimi proteolitici non utili
- EDTA - ac. gluconico permessi
- *back-wash* raccomandato anche in operazione
- circolazione acqua > 20'



Moduli



Per essere messe in opera correttamente, le membrane devono poter resistere senza danni a pressioni molto elevate, in **dispositivi che consentono, attraverso canali separati, l'alimentazione della soluzione da trattare e la raccolta separata del concentrato e del permeato.** Questi dispositivi, che devono in più presentare delle caratteristiche idrauliche tali che le membrane siano continuamente in auto-pulizia, hanno ricevuto il nome di "MODULI".

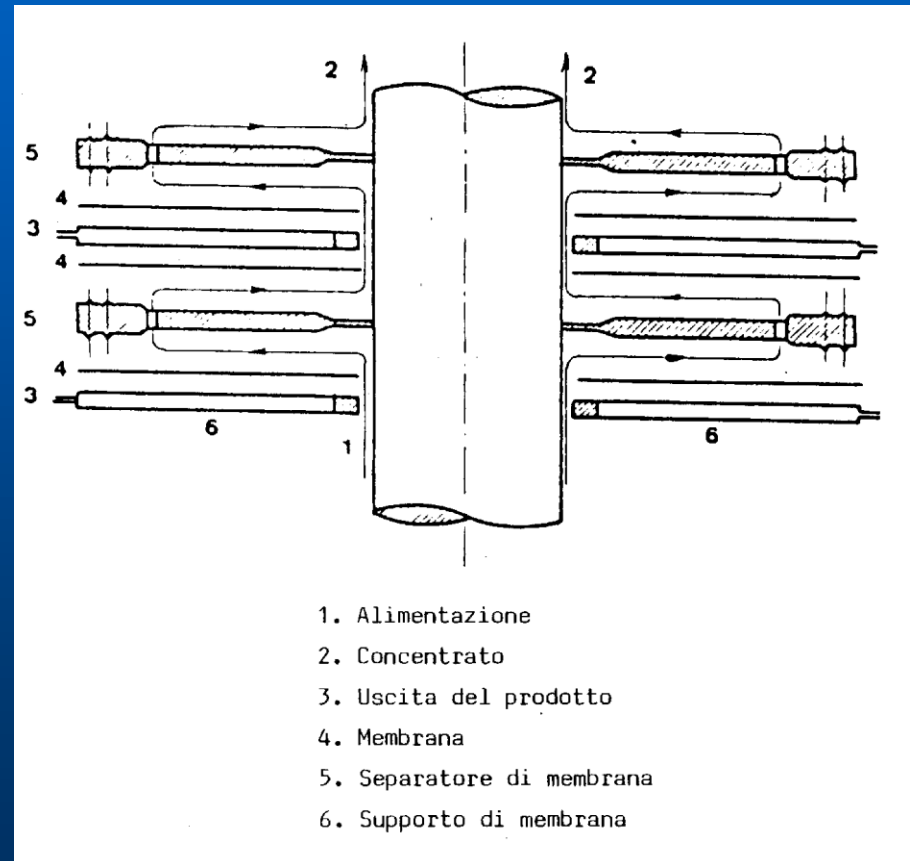


Moduli a Membrane Piane

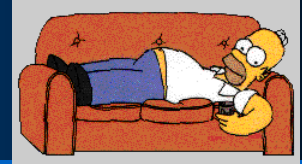


I moduli sono costituiti da più membrane piane sovrapposte attorno ad un asse verticale, ed alternate con dei distanziatori circolari, la cui funzione è di realizzare scomparti di alimentazione del prodotto da trattare e scomparti di recupero del permeato.

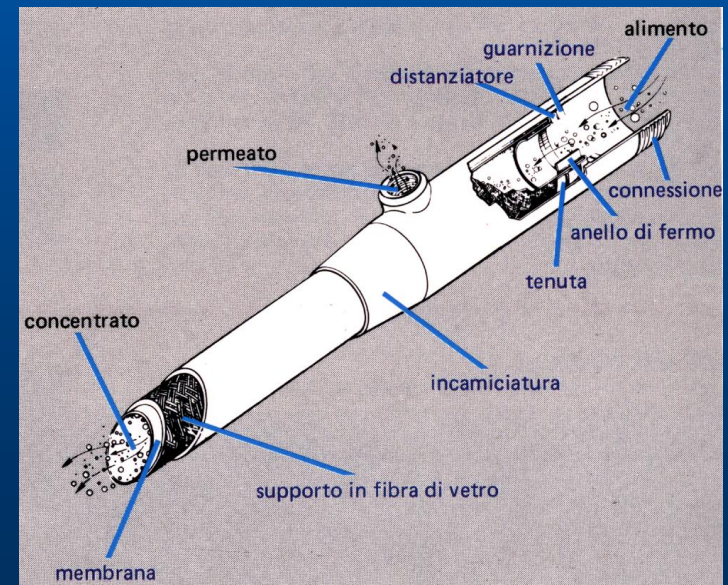
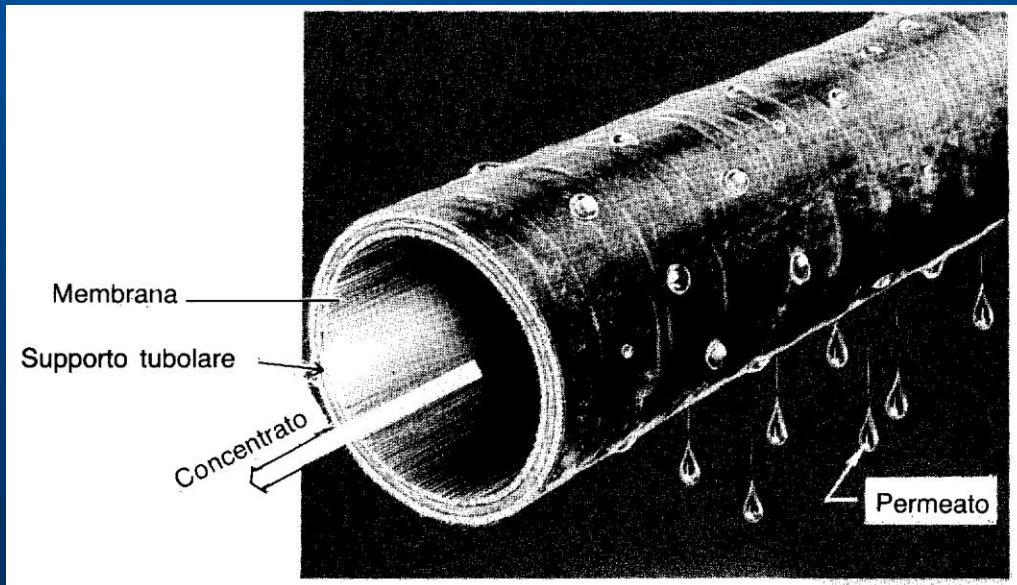
Il permeato è raccolto all'estremità di ogni scomparto; gli scomparti d'alimentazione sono posti in serie. Operano a regimi di flusso laminare o moderatamente turbolento, hanno volumi morti molto ridotti.



Moduli a Membrane Tubolari



La membrana è colata direttamente sulle pareti interne di un tubo di carta porosa rinforzato da resine sintetiche e, di conseguenza, forma con esso un tutto indissociabile; questo elemento composito è inserito in un tubo di metallo destinato a sopportare la pressione. Quest'ultimo è perforato ad intervalli regolari da fori permettenti l'evacuazione verso l'esterno del prodotto drenato dal supporto poroso. Le dimensioni del tubo-membrana sono diverse: da 0,5 a 2,5 cm di diametro.



Moduli Pluritubo



Parecchie membrane tubolari sono disposti parallelamente gli uni agli altri in modo da costituire un fascio. Tale fascio è chiuso, in ciascuna delle sue estremità, da dispositivi che assicurano simultaneamente la tenuta di ciascuno dei tubi, la loro messa in serie, l'alimentazione del primo e la scarica dell'ultimo.

La portata di permeato a parità di energia assorbita è notevolmente superiore rispetto ai moduli tubolari.

Questo tipo di assemblaggio viene usato sia in osmosi inversa che in ultrafiltrazione. Possono operare in regimi di turbolenza elevata.

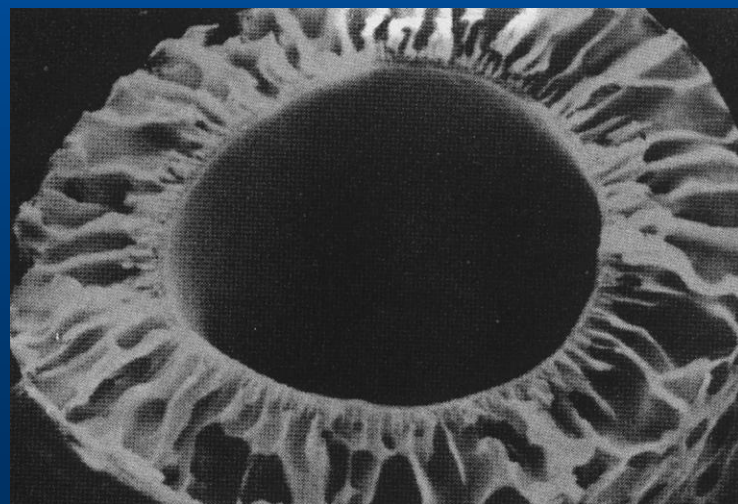
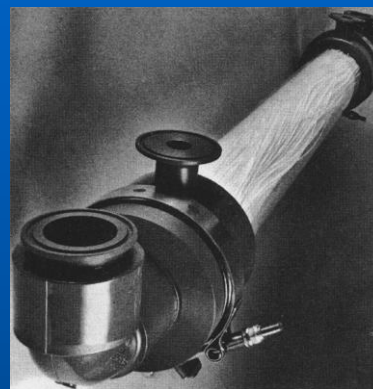


Moduli a Membrane Fibre Cave o Capillari



Le membrane sono estruse sotto forma di fibre cave con spessore di parete e con diametro tali da sopportare da sole la pressione applicata, e la parete di ciascuna fibra cava ha il ruolo di membrana. Queste fibre sono raccolte in un fascio. Ad una estremità di questo, i tubi capillari sono otturati, all'altra estremità, inseriti individualmente in un collettore comune.

L'insieme fascio - collettore comune è introdotto in un contenitore a pressione di cui il collettore costituisce il coperchio. La soluzione penetra al centro del modulo, investe le fibre radialmente e viene raccolta alla periferia del modulo come concentrato. Il permeato, dopo aver attraversato le pareti delle fibre, migra all'interno delle stesse ed è raccolto all'esterno del modulo.



Moduli con Membrane a Spirale

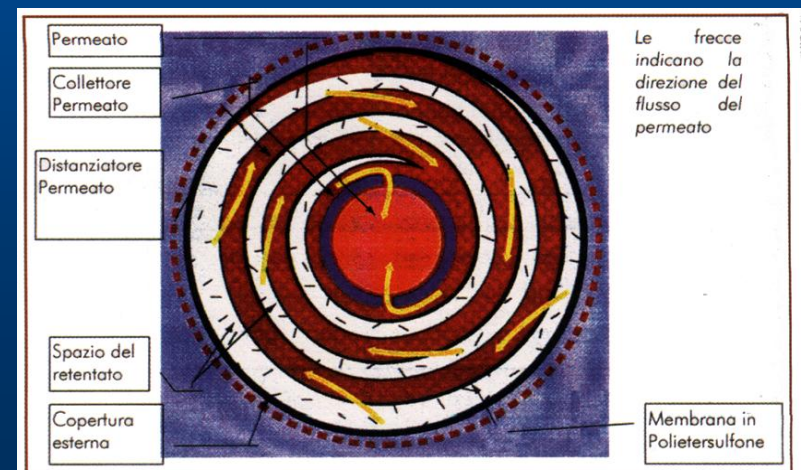
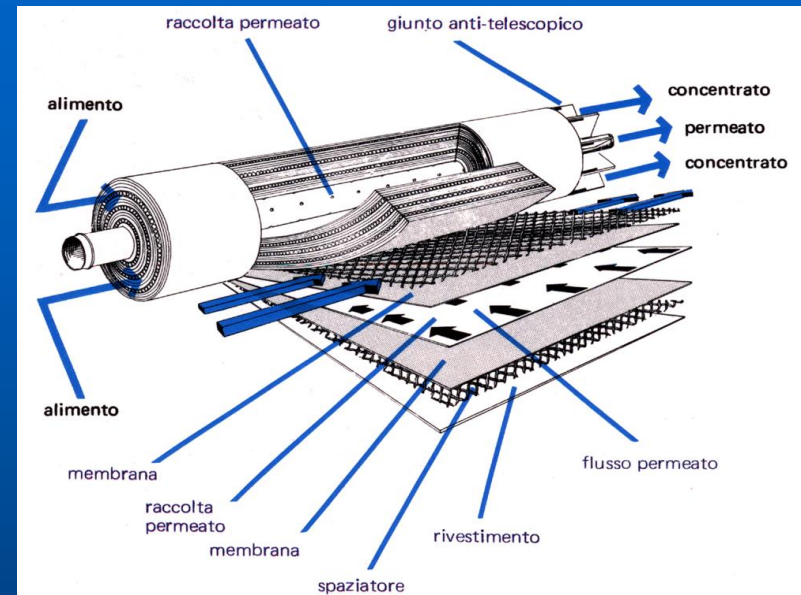


I moduli a spirale usano due membrane piane unite per tre lati. Tra le due membrane è inserito uno strato di materiale poroso che funge da supporto delle membrane e serve per lo scarico del permeato fino al collettore tubolare centrale. Quando si arrotola il modulo si inserisce uno spaziatore a contatto della membrana dal lato del concentrato che promuove i moti turbolenti della soluzione e mantiene uno spessore costante della vena fluida di circa 1 mm.

All'interno del modulo il concentrato scorre assialmente, mentre il permeato scorre a spirale verso il collettore centrale.

Il tutto è contenuto in un tubo cilindrico in acciaio inossidabile.

Si tratta di un assemblaggio molto compatto, con un volume morto molto ridotto, facilmente inseribile in assemblaggi complessi in serie e parallelo.



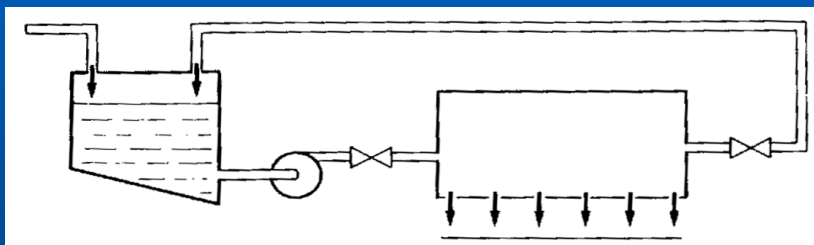
Superficie specifica per i vari moduli



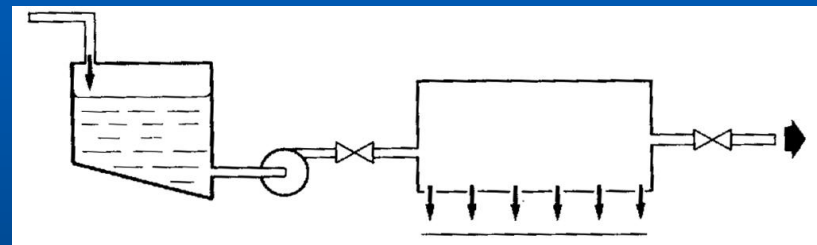
TIPO DI MODULO	SUPERFICIE SPECIFICA (m ² /m ³)	DIAMETRO (mm)
Plate&frame	100 - 400	
Spiralato	800 - 1000	
Tubolare	30 - 200	> 10
Capillare	200 - 2000	0,5 – 10
Fibre cave	2000 - 6000	< 0,5

Assemblaggio degli impianti

Gli impianti di ultrafiltrazione e osmosi inversa, e più in generale di filtrazione tangenziale, possono essere assemblati in vario modo, per il funzionamento discontinuo o continuo, con o senza ricircolazione.



Impianto discontinuo. Il prodotto da trattare è contenuto in un serbatoio di alimentazione dal quale viene prelevato dalla pompa di ricircolazione e al quale ritorna dopo essere passato nell'impianto di ultrafiltrazione o di osmosi inversa. Man mano che il prodotto si concentra il suo volume si riduce nel serbatoio di alimentazione oppure del prodotto fresco vi viene alimentato mantenendo il livello costante. Quando si è raggiunta la concentrazione voluta, l'impianto viene completamente scaricato raccogliendo il concentrato, lavato e predisposto per un'operazione successiva.

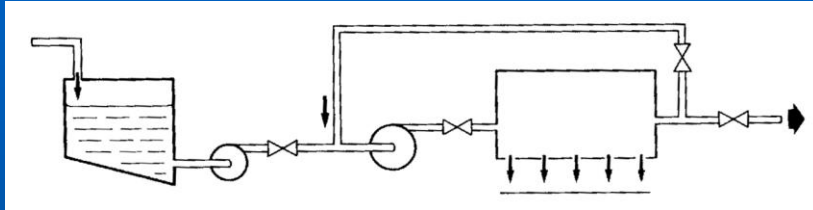


Impianto continuo funzionante in un solo passaggio.

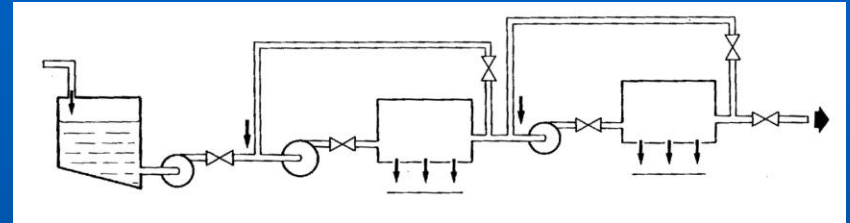
Il prodotto attraversa il sistema di membrane una sola volta, vi raggiunge la concentrazione voluta e viene quindi scaricato. Questo modo di funzionamento è appropriato solo se si devono raggiungere concentrazioni poco elevate



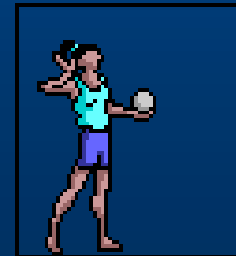
Impianti continui con ricircolo



Impianto continuo con ricircolo. Una pompa alimenta il prodotto fresco in proporzione al concentrato che viene continuamente scaricato e di una pompa di ricircolazione che mantiene il prodotto in circolazione nel sistema di membrane. Con questo dispositivo a differenza del sistema in un solo passaggio è possibile mantenere una velocità di circolazione elevata, indipendentemente dalla portata di alimentazione del prodotto, in modo da minimizzare i fenomeni di polarizzazione. In uscita dal sistema di membrane una condotta a tre vie consente lo scarico continuo del concentrato. Operando con questo sistema in un solo stadio, l'impianto si trova a lavorare alla massima concentrazione durante tutto il ciclo operativo.



Impianto continuo con ricircolo in più stadi. Il sistema è spesso attuato in più stadi in serie particolarmente con impianti di notevole capacità. In tal modo, poiché i primi stadi operano a concentrazioni intermedie si riduce lo svantaggio indicato per gli impianti in un solo stadio. La permeabilità media è tanto più elevata quanto maggiore è il numero degli stadi in serie.



Considerazione sui Tipi di Impianti

Impianto continuo con ricircolo in pratica è preferito rispetto al discontinuo o al continuo ad un solo passaggio:

➔ Rispetto al sistema discontinuo è preferito perché continuo e perché avendo tempi di permanenza inferiori consente un miglior controllo dello sviluppo microbico.

➔ Rispetto al sistema continuo ad un solo passaggio è preferito perché richiede superfici di membrana molto inferiori e consente velocità di circolazione più elevate e quindi - a parità delle altre condizioni - maggiori permeabilità.



Scelta delle condizioni operative nella conduzione pratica dei processi per membrana



tempo medio di permanenza

Condizione importante per la qualità del prodotto che deve essere il più breve possibile. Più breve è il tempo di permanenza e minori sono i rischi di alterazione del prodotto, soprattutto per sviluppo microbico. Tempi di permanenza dell'ordine dell'ora sono normali in molte applicazioni pratiche, ma è opportuno non superare questo limite. Se si opera con l'aggiunta di un antisettico il tempo di permanenza può essere aumentato.

Pressione

In osmosi inversa un aumento di pressione determina sia un aumento della permeabilità che della ritenzione. Compatibilmente con la resistenza meccanica dell'impianto è bene operare a pressioni elevate. Normalmente si opera a 30-50 atm. In ultrafiltrazione - trattandosi di membrane microporose - l'aumento di pressione può determinare un loro compattamento con riduzione della porosità e quindi della permeabilità. La pressione ottimale per la maggior parte delle membrane di ultrafiltrazione è fra 2 e 4 atm.

Scelta delle condizioni operative nella conduzione pratica dei processi per membrana



Temperatura

Un aumento di temperatura si traduce sempre in un aumento di permeabilità che è dell'ordine del 2-3% per ogni grado centigrado, dovuto essenzialmente alla diminuzione di viscosità del liquido. E' dunque opportuno operare alle temperature più alte, compatibilmente con la resistenza delle membrane e con la stabilità del prodotto. Una seconda limitazione viene dalla possibilità di sviluppo microbico nel prodotto; poiché la maggior parte dei microrganismi si sviluppa a temperature comprese fra 20 e 40 °C questo intervallo di temperature deve essere in generale evitato. Per questi motivi in pratica l'osmosi inversa viene condotta a temperature inferiori ai 15 °C e l'ultrafiltrazione a temperature di circa 50 °C.



Velocità di flusso

Aumentando la velocità di flusso del liquido a contatto della membrana si riducono gli effetti di concentrazione di polarizzazione e si aumenta la permeabilità e la ritenzione dei soluti. Vi è tuttavia una importante limitazione a questa possibilità: un aumento di velocità infatti comporta un aumento delle perdite di carico nel sistema e ciò ha due ripercussioni negative. Un aumento della pressione media, che non è tollerabile oltre certi limiti. E un aumento dei consumi energetici per il pompaggio del prodotto a portate crescenti, che pone anch'esso un limite di carattere economico.

Condizioni del prodotto da trattare

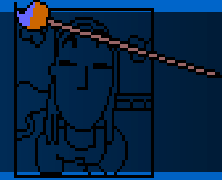


Alcuni trattamenti del prodotto possono favorire le prestazioni delle membrane sia in osmosi inversa che in ultrafiltrazione, soprattutto in termini di permeabilità.

Ci si riferisce in particolare ai trattamenti che consentono di ridurre i fenomeni di colmataggio e concentrazione di polarizzazione.

- un'accurata prefiltrazione del materiale da trattare migliora le prestazioni degli impianti;
- trattamenti enzimatici con enzimi depolimerizzanti, consentono la riduzione degli effetti di viscosità di pectine e mucillagini;
- molto efficace è la regolazione del pH sia per gli effetti sulla solubilità dei sali sia per quelli sulla stabilità dei sistemi colloidali.

Vantaggi di queste tecniche rispetto all'evaporazione



I principali vantaggi si possono così riassumere:

- costo dell'impianto nettamente inferiore ;
- spese di funzionamento e di esercizio più basse;
- l'acqua viene allontanata a temperatura ambiente permettendo così di ottenere un concentrato nettamente migliore sia per sapore che per qualità ;
- non richiedono per il loro funzionamento il consumo di acqua;
- gli impianti non sono molto ingombranti e sono caratterizzati da una elevata flessibilità delle loro prestazioni quantitative;
- scaricano acqua a basso BOD_5 .

Applicazione dell'Osmosi Inversa e dell'Ultrafiltrazione nell'Industria Alimentare



osmosi inversa

consente la concentrazione integrale di una soluzione o di un alimento liquido.



ultrafiltrazione

permette di ottenere una concentrazione selettiva delle macromolecole presenti in una soluzione o in un alimento liquido, in quanto le membrane impiegate sono permeabili non solo all'acqua ma anche ai sali, agli zuccheri e a tutti i componenti aventi dimensioni molecolari relativamente modeste.



Osmosi Inversa nell'industria alimentare



- produzione di acqua pura da acqua di mare, da acque salse, da acque dure, da acque di scarico;
- concentrazione di succhi zuccherini come sughì e melasso di barbabietola, sciroppi, ecc.;
- concentrazione di succhi di frutta (arancia, mela, ecc.) e di pomodoro con ritenzione degli aromi e conservazione integrale delle caratteristiche di freschezza del prodotto naturale;
- concentrazione di estratti di caffè e tè prima della liofilizzazione;
- concentrazione del siero di latte con eventuale parziale eliminazione dei sali e dell'acido lattico;
- produzione di latti concentrati da impiegare per il consumo diretto o di pre-formaggi liquidi.

Ultrafiltrazione nell'industria alimentare



- purificazione e concentrazione delle proteine contenute nel latte, nel siero, nel latticello, ecc. ;
- purificazione e concentrazione delle proteine di uovo o di albume d'uovo ;
- purificazione e concentrazione di proteine vegetali in genere e di soia in modo particolare ;
- purificazione e concentrazione delle proteine del sangue ;
- purificazione e concentrazione di enzimi, estratti o da alimenti ;
- purificazione e concentrazione di vitamine, ormoni, antibiotici da estratti, brodi di fermentazione e biomasse;
- purificazione e concentrazione di pectine e gomme da succhi vegetali.

Confronto tra le varie tecniche di concentrazione

Pur essendo impossibile un confronto tra le varie tecniche di concentrazione, in quanto troppo diverse sono le caratteristiche impiantistiche e le proprietà dei relativi concentrati, può risultare interessante riportare un esame comparativo effettuato sulla base dei costi energetici della sola operazione di separazione.

Processo	COSTO MEDIO (lire/tonn. H ₂ O rimossa)
Evaporazione (singolo effetto)	7.770
Evaporazione (triplo effetto)	2.450
Crioconcentrazione	1800
Osmosi inversa	170



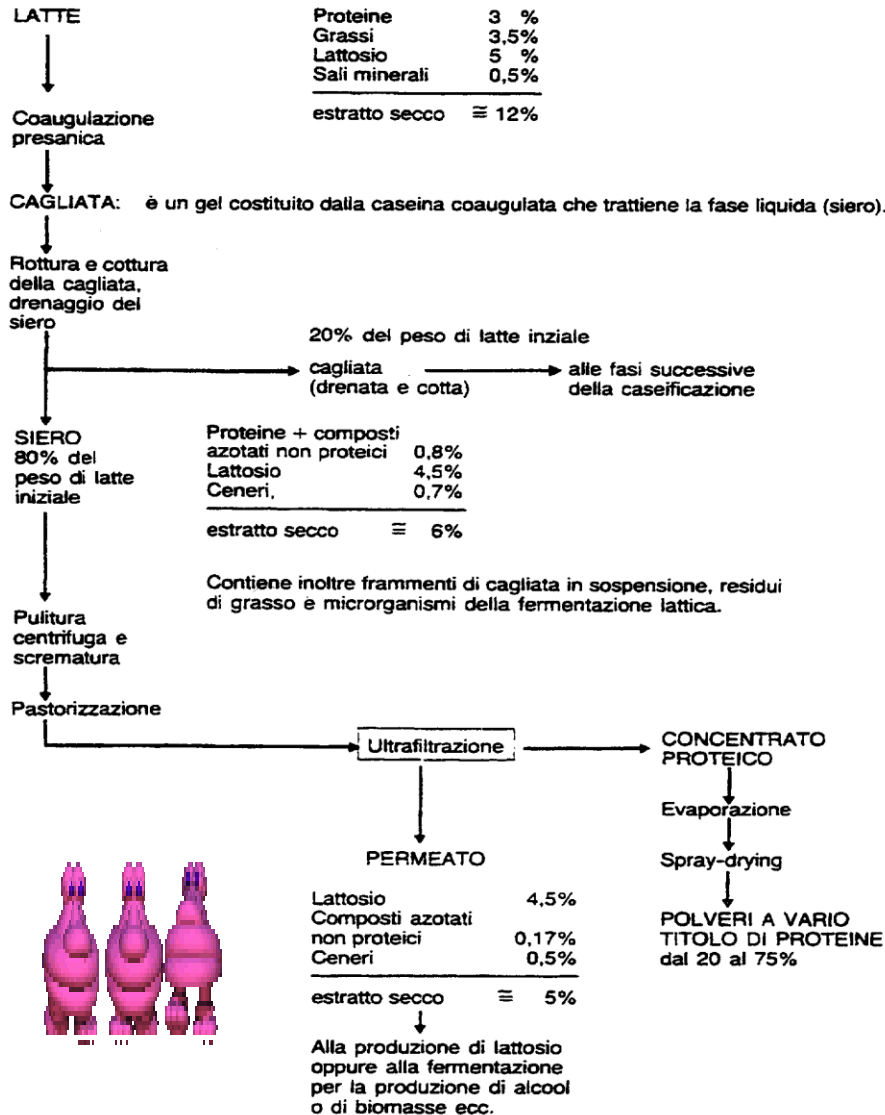


Confronto Osmosi Inversa e Ultrafiltrazione

L'ultrafiltrazione, essa è ad uno stadio di applicazione industriale decisamente più avanzato rispetto all'osmosi inversa per diversi motivi :

- **L'ultrafiltrazione svolge una funzione di separazione e purificazione che non può essere attuata con altre tecniche.** L'osmosi inversa è invece una tecnica di concentrazione e come tale è in concorrenza con l'evaporazione, tecnica molto evoluta ed affidabile.
- **Le membrane di ultrafiltrazione sono preparate con polimeri resistenti a condizioni di pH estreme e sono perciò lavabili efficacemente con i normali reagenti e detergenti industriali, sopportano temperature elevate fino alla sterilizzazione o concentrazioni elevate di sanificanti come l'ipoclorito, hanno una notevole durata nel tempo (fino ad oltre 1 anno).** Le membrane di osmosi inversa in acetato di cellulosa sono ben lontane da queste prestazioni: molto delicate, non possono essere lavate e sanificate con i normali reagenti e detergenti industriali. Ciò comporta problemi di costo e problemi operativi non semplici.

Ultrafiltrazione del Siero del Latte



Per ultrafiltrazione del siero si ottengono concentrati proteici a vario titolo, la cui utilizzazione nell'industria alimentare e dietetica è molto interessante sia per l'elevato valore nutritivo delle proteine di siero, sia per le loro caratteristiche funzionali che ne fanno dei miglioratori e coadiuvanti tecnologici in molti prodotti.

Disidratazione mediante osmosi della Frutta

Il fenomeno dell'osmosi può essere sfruttato per rimuovere acqua da alimenti solidi, quali la frutta.

La disidratazione per via osmotica presenta una serie di vantaggi :

- La frutta disidratata per osmosi non è sottoposta ad alte temperature per lunghi tempi ;
- L'elevata concentrazione zuccherina della pellicola che residua in superficie stabilizza il colore nei confronti dei fenomeni di imbrunimento enzimatico ;
- L'allontanamento dell'acqua per osmosi produce una parziale rimozione degli acidi organici, fatto questo che unito all'incremento nel contenuto di zuccheri, rende il prodotto più gradito se impiegato nel settore dolciario ;
- Dal punto di vista economico, è un processo particolarmente interessante se visto come pretrattamento di tecniche di essiccamento ad aria calda.

