FILTRAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Nas indústrias de alimentos e bebidas, a filtração aparece na produção de suco de frutas, óleos vegetais, leite e derivados, entre outros produtos. A filtração em escala industrial vai desde uma simples filtração até separações muito complexas. O produto a ser filtrado, pode ser líquido, gás, as partículas sólidas podem ser grossas ou finas, rígidas o plásticas, redondas ou planas individualmente separadas ou agrupadas, etc. A suspensão de alimentação pode ser de alta ou baixa concentração de sólidos, pode estar fria ou aquecida, ou submetida a vácuo ou a alta pressão. Em alguns casos, a separação ou filtração deve de ser total e completa, e em outros a filtração é parcial.
Ao se fabricar produtos alimentícios em grande escala, normalmente são necessárias diversas operações unitárias, tais como moagem, cristalização, lixiviação e filtração, dentre outras. De modo geral, a filtração pode ser definida como a separação de uma mistura heterogênea contendo um sólido e um líquido, fazendo com que o sólido fique retido num meio poroso, e o líquido passe através desse meio.
A força motriz do processo é uma diferença de pressão através desse meio. Os processos de filtração, são classificados, em função da maneira de como esse gradiente de pressão é imposto: gravidade, vácuo, forças centrífugas ou pressão diretamente. Nas indústrias de alimentos e bebidas, a filtração aparece na produção de suco de frutas, óleos vegetais, vinho, cerveja e em muitos outros. Nestes setores, durante as etapas de filtração, normalmente o líquido é a fração que mais interessa, com valor comercial, enquanto que o sólido é o de menor importância, ou muitas vezes é até indesejável. Dentro ainda do segmento alimentício e de bebidas, a filtração freqüentemente é realizada através de filtros prensa, filtros rotativos ou por meio de membranas. O constituinte que atravessa o meio filtrante é chamado filtrado e o que permanece na superfície ou entre os poros do filtro, resíduo ou torta.

PRINCIPAIS FILTROS UTILIZADOS NO PROCESSO

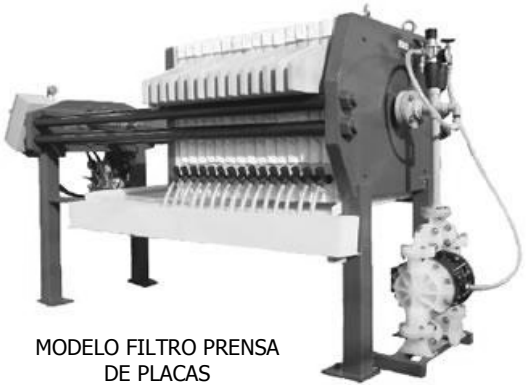
Há uma grande variedade de filtros utilizados nos processos de alimentos e bebidas, que vai depender do tipo de produto que se deseja filtrar. Os fatores mais importantes para a seleção de um filtro são: a) resistência específica do produto filtrante; b) a quantidade de suspensão a ser filtrada; c) a concentração de sólidos na suspensão; e d) a facilidade de descarregar o resíduo formado no processo de filtração.

▪ FILTROS DE LEITO GRANULADO

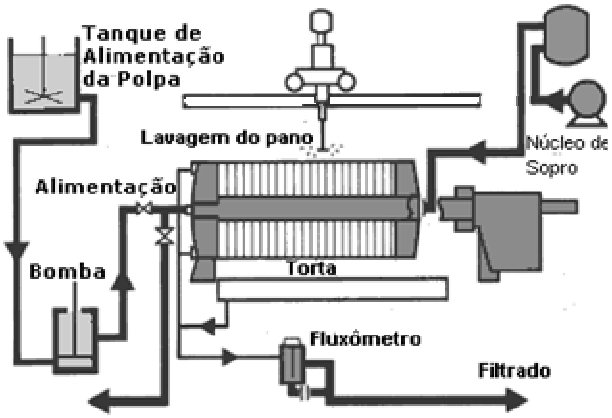
Os filtros industriais mais simples são os de meio filtrante granulado, constituídos por uma ou mais de uma camada de sólidos particulados, suportados por um leito de cascalho sobre uma grade, através da qual o material a ser filtrado, flui por gravidade ou por pressão. São utilizados principalmente quando há grandes volumes de suspensão muito diluída e, quando o produto sólido não deve ser recuperado. Por isso, muito utilizado no tratamento e purificação de água potável.

▪ **FILTRO PRENSA**

Um filtro-prensa é fornecido sob a forma de uma série de placas que são apertadas firmemente umas das outras, com uma lona sobre cada lado de cada placa. Vem daí a denominação filtro-prensa de placas. Há placas circulares e placas quadradas, horizontais ou verticais e com depressões ou planas. As placas com depressões, quando justapostas formam o filtro-prensa de câmaras. Quando as placas são planas os compartimentos de alimentação da torta são formados por meio de quadros que separam as diversas placas. Este tipo é chamado filtro prensa de placas e quadros (figura-1).



MODELO FILTRO PRENSA DE PLACAS



ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE UM FILTRO PRENSA COM SISTEMA DE LAVAGEM DO PANO

Figura-1: Filtro Prensa de Placas

Este tipo de filtro apresenta placas quadradas, com faces planas e bordas levemente ressaltadas. Entre duas placas sucessivas da prensa há um quadro que serve como espaçador das placas. De cada lado de um quadro há uma lona que encosta-se à placa correspondente. Assim, as câmaras onde será formada a torta ficam delimitadas pelas lonas. A estrutura de suporte do conjunto tem barras laterais que servem de suporte para as placas e os quadros. O aperto do conjunto é feito por meio de um parafuso ou sistema hidráulico. Nos filtros prensa existe uma seqüência de placas metálicas perfuradas e alternadas entre si. Há um vão livre entre duas placas que permite a passagem da mistura heterogênea. Cada placa é coberta com um elemento filtrante e sobre ele começa a se depositar o sólido separado, formando uma torta que pode ser compressível ou incompressível.
Há duas classes de filtros-prensa de placas e quadros: os que permitem lavar a torta, denominados filtros-prensa lavadores, e os não-lavadores. Como exemplo do emprego de filtros prensa em indústrias alimentícias, se obtém o refino de óleos vegetais, e na produção de molho shoyu, na purificação do xarope para a produção de refrigerantes, indústria de sucos na separação do bagaço da polpa, etc.

▪ **FILTROS DE LÂMINAS OU FOLHAS**

São constituídos de lâminas filtrantes múltiplas dispostas lado a lado. As lâminas ficam imersas na suspensão a filtrar, sendo feita a sucção do filtrado para o seu interior por meio de uma bomba de vácuo. Em outros tipos a suspensão é alimentada sob pressão em

um tanque fechado que aloja as lâminas. Em ambos os casos a torta se formam por fora das lâminas e o filtrado passa para o seu interior, de onde sai por um canal apropriado para o tanque de filtrado. A figura-2 mostra o esquema deste tipo de filtro.

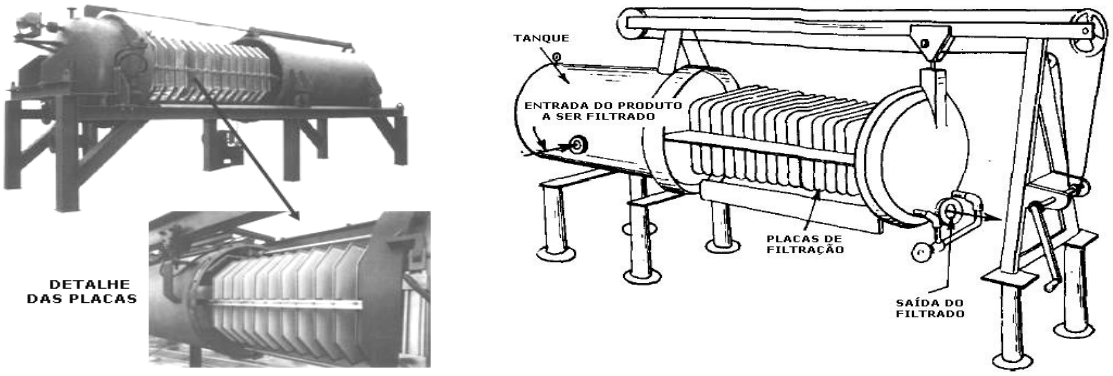


Figura-2: Filtro de Lâminas ou Folhas

▪ **FILTROS ROTATIVOS DE TAMBOR**

Eles são basicamente constituídos por um tambor rotativo que gira com velocidades entre 1 rpm e 10 rpm e ficam com sua extremidade inferior imersa num reservatório contendo a mistura heterogênea a ser separada. O cilindro é perfurado, recoberto com um elemento filtrante e, através desses furos, faz-se vácuo, de modo que o líquido tende a ir para a parte interna do tambor. Concomitantemente, o sólido vai ficando retido na parte externa do elemento filtrante e forma a torta, que é separada no final de uma revolução do cilindro, por meio de um raspador.
Esses tipos de filtros são bastante comuns na indústria de açúcar e álcool no Brasil, sendo empregados na etapa de clarificação do caldo de cana. Como exemplo do uso de filtros rotativos em indústrias de alimentos, tem-se a produção da fécula de mandioca, na qual a fécula refinada segue para o filtro visando a separação parcial da umidade e, posteriormente, sofre um processo de secagem final. Depois de feitas quantas lavagens forem necessárias, a torta é soprada com ar comprimido e raspada por meio de uma faca. A retirada da torta nunca é total por duas razões: primeiro, para não haver o risco de rasgar a lona ou a tela do filtro e segundo, para não ter que "quebrar" o vácuo (figura-3).

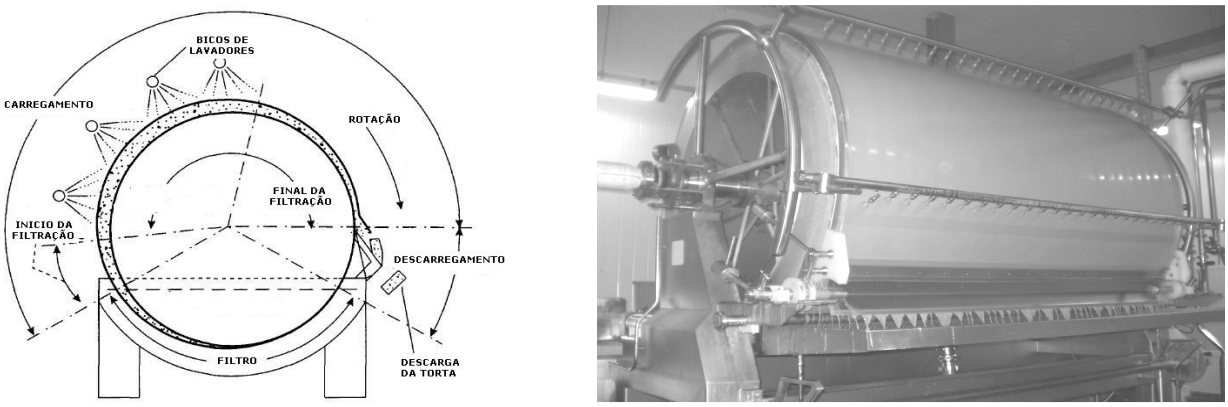


Figura-3: Filtro Rotativo de Tambor

▪ **FILTROS ROTATIVOS DE DISCOS**

O filtro de discos é basicamente constituído por vários discos que giram mergulhados parcialmente em um tanque com polpa ou suspensão a ser filtrada. Os discos são formados por setores cobertos por elementos filtrantes e são fixados radialmente a um barril central suporte. O barril central distribui a ação de vácuo aos setores por meio de válvula rotativa especial. A descarga de torta ocorre por injeção de ar comprimido no momento que uma linha de setores dos discos encontra-se próxima à área de descarga (figura-4). O princípio de funcionamento é o mesmo do filtro de tambor rotativo, mas a lavagem torna-se menos eficiente.

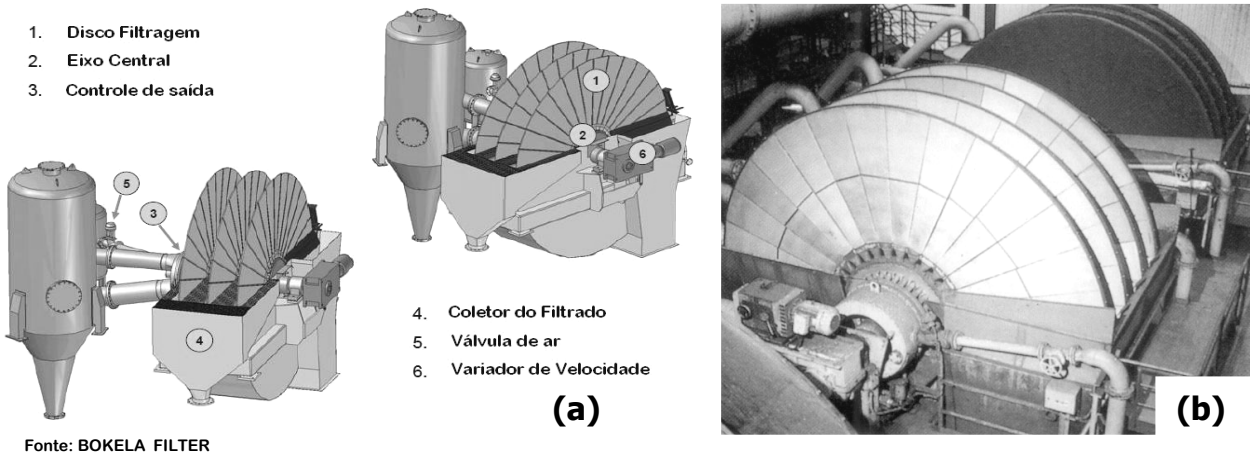


Figura-4: Filtro Rotativo de Disco (a)-partes principais; (b)-filtro em funcionamento

▪ **FILTRO DE PLACAS OU FOLHAS**

Consiste basicamente de uma armação suporte horizontal e um conjunto de placas verticais cobertas por elementos filtrantes, que formam as câmaras de filtração. A polpa ou suspensão a ser filtrada é alimentada sobre pressão nas câmaras de filtração, onde ocorre a formação da torta. O filtrado permeia pelos elementos filtrantes e é eliminado do sistema. Trata-se de um filtro de operação descontínua, seguindo a ciclos operacionais pré-definidos como: enchimento das câmaras, pressurização, pressurização por membrana, lavagem de torta, sopro de ar, abertura do filtro, descarga de torta, lavagem dos elementos filtrantes e fechamento do filtro (figura-5).

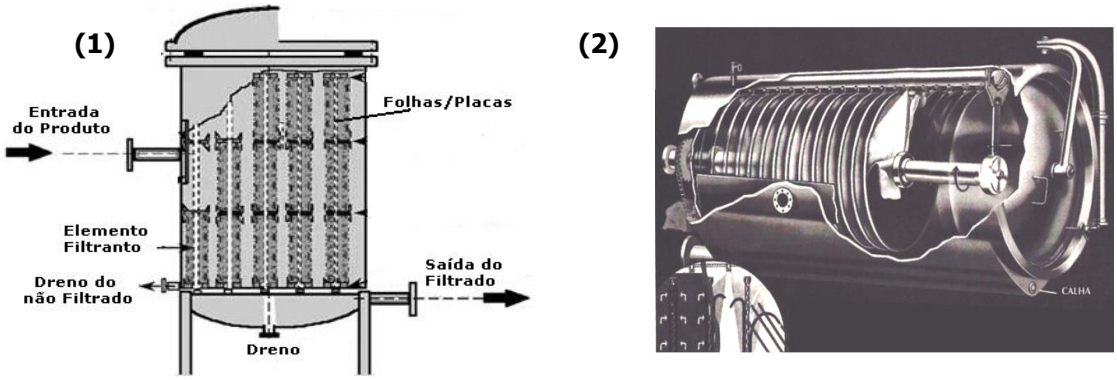


Figura-5: Filtro de Folhas ou Placas; (1)-Vertical, (2)-Horizontal

Os filtros de folhas ou placas são bastante utilizados na indústria de extração de óleos vegetais para a separação do catalisador, empregado no processo de hidrogenação do óleo. A hidrogenação de óleos e gorduras é a reação química unitária mais largamente usada na indústria de processamento de óleos. Tem a característica de modificar química e fisicamente mediante um catalisador o comportamento de um produto, criando um produto com novas características. A remoção do catalisador é usualmente feita através de filtros de pressão de placas verticais ou de filtros prensa. A figura-6 mostra um fluxograma de hidrogenação do óleo de soja e a filtração do catalisador.

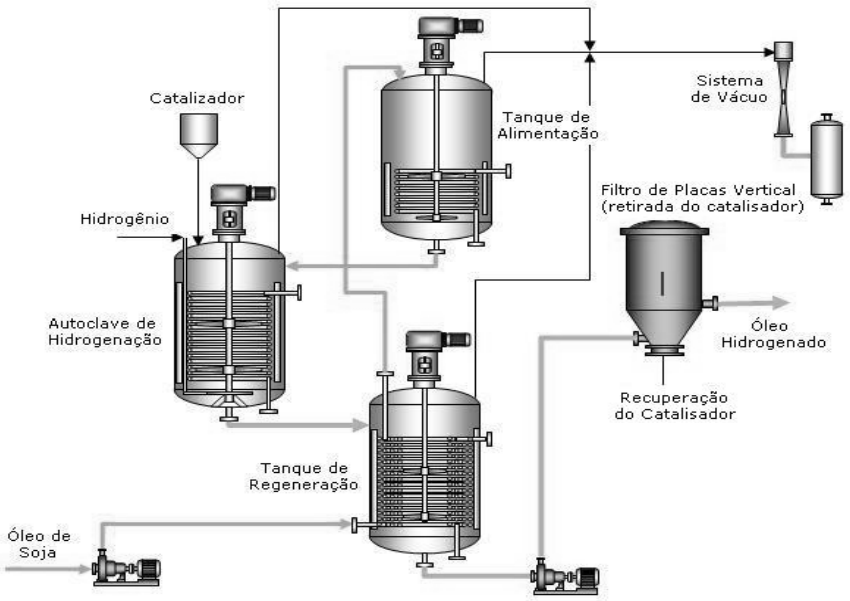


Figura-6: Fluxograma de Hidrogenação e Filtração do Catalisador do Óleo de Soja

▪ **FILTRO DECANTADOR CENTRÍFUGO**

O filtro decantador centrífugo é preparado para produtos com concentração elevada de sólidos na suspensão. Ao mesmo tempo promove também a clarificação do concentrado liquido. Consiste de uma câmara cilindrica horizontal que gira a alta velocidade, com um eixo helicoidal de extração situado co-axialmente. O eixo de extração se encaixa perfeitamente ao contorno da câmara, de maneira que solo permite a entrada de água a câmara e o rotor. A velocidade diferencial entre o eixo e o rotor é o que provoca um movimento de arraste para a saída dos sólidos, que se acumulam nas paredes da câmara (figura-7).

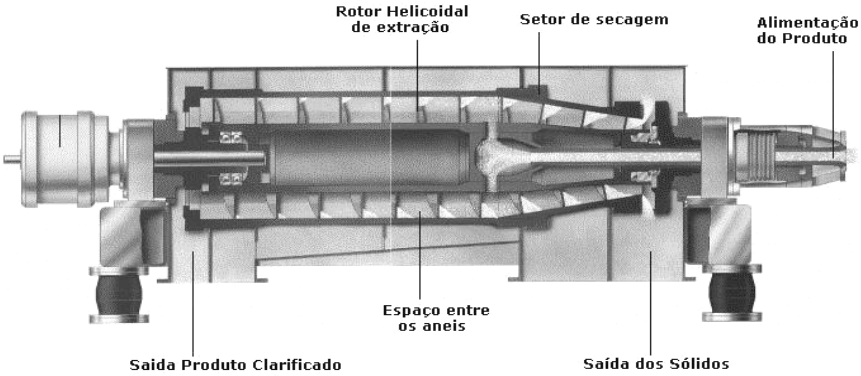


Figura-7: Filtro Decantador Centrífugo

O produto a ser filtrado é introduzido axialmente por um distribuidor. É impulsionado nos espaços do eixo que se forma na superfície interna da câmara e o corpo do rotor. O processo de rotação tem lugar dentro da seção cilíndrica da câmara. A velocidade relativa do rotor empurra os produtos sedimentados ao longo da câmara. O arraste dos sólidos permite os sedimentos fluir fora da fase líquida clarificada. O filtro decantador centrífugo opera principalmente mediante a sedimentação causada pela separação de sólidos em suspensão em função da densidade do líquido onde se encontram em suspensão. Se a diferença de densidade é maior que a gravidade isto provoca uma força motriz suficiente para a separação. Se a densidade é pequena, ou o tamanho das partículas são muito pequenas, então a separação por gravidade terá um tempo muito grande e a força de separação deve aumentar mediante forças centrifugas maiores que a gravidade. Este tipo de filtro é muito utilizado na indústria de extração de óleos vegetais e de sucos de frutas. A figura-8 mostra um fluxograma de extração de óleo de oliva com o emprego do filtro decantador centrífugo para a clarificação do óleo.

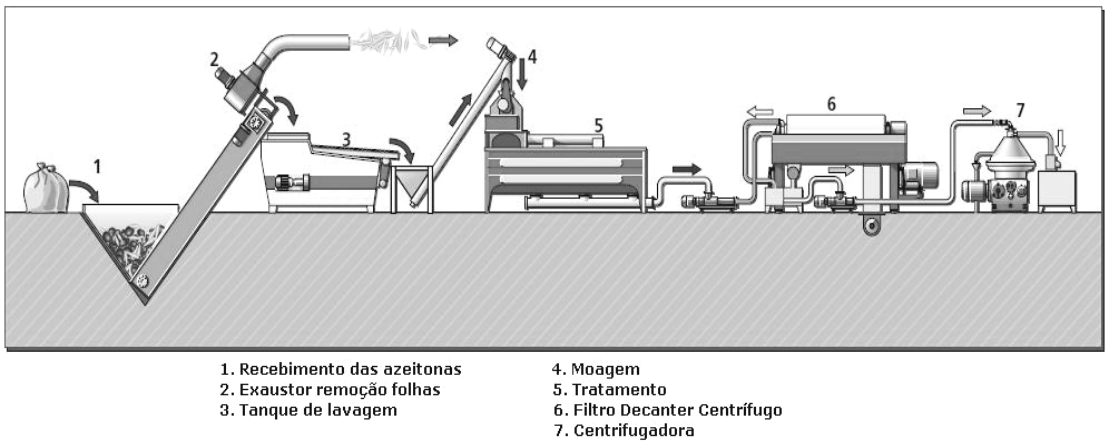


Figura-8: Fluxograma de Extração de Óleo de Oliva

FILTRAÇÃO POR MEMBRANA

Na indústria de alimentos e bebidas, a separação minuciosa de partículas tem sido cada vez mais importante na produção de cerveja, sumos, sucos e muitos produtos lácteos. A filtração por membrana é simples e eficaz, utilizada para melhorar a qualidade dos alimentos processados.
A filtração por membrana é uma técnica que utiliza uma barreira física, sob a forma de membrana porosa ou filtro, para separar as partículas num fluído. Estas partículas são separadas com base no seu tamanho e forma, utilizando para tal o efeito da pressão e membranas especialmente desenhadas para o processo, apresentando poros com diferentes diâmetros, todos eles pretendem a separação ou concentração de substâncias num líquido. A figura-9 mostra o processo simplificado do funcionamento de um sistema de filtração por membrana.

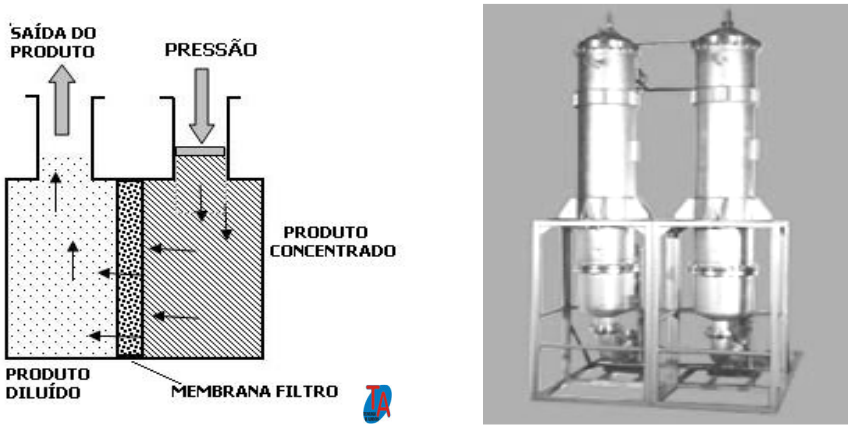


Figura-9: Sistema de Filtração por Membrana (osmose)

As filtração mais utilizadas são as de ultrafiltração e osmose reversa.

▪ OSMOSE REVERSA

Nesse método uma pressão hidráulica é aplicada numa solução e essa pressão acaba sendo maior do que a própria pressão osmótica da solução, fazendo com que as moléculas de água e o solvente da solução se difundam através da membrana. As pressões típicas de operação estão entre 2500 kPa e 6800 kPa. Esse tipo de processo é usado para soluções que contêm uma concentração muito baixa de soluto e, caracteristicamente, é empregada para tratamento de água.

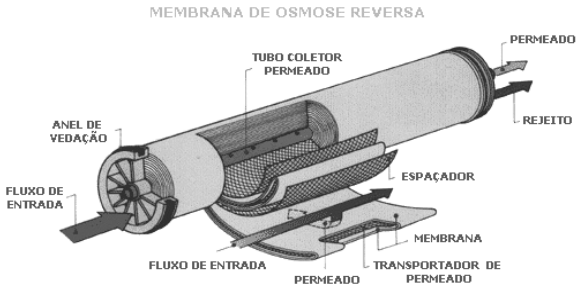


Figura-10: Partes da Membrana de Osmose Reversa

▪ **ULTRAFILTRAÇÃO**

A membrana de Ultrafiltração é empregada nos trabalhos com macromoléculas, como proteínas e ácidos nucléicos. Serve para fazer a concentração, diálise e purificação. Seus poros são tão pequenos que nem são classificados por tamanho de poro, mas sim por uma estimativa de sua retenção molecular média. O maior uso desta membrana está na fabricação de insumos biotecnológicos de alta pureza, como o princípio ativo de um fármaco, por exemplo. Esse processo tem se tornado cada vez mais comum na indústria de laticínios, para fracionamento do leite.

USO DA ULTRAFILTRAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E BEBIDAS

Na Indústria alimentar e de bebidas, a filtração por membrana é a mais moderna tecnologia para a clarificação, concentração, fracionamento (separação de componentes), dessalinização e purificação de uma variedade de bebidas. É também aplicada, com o objetivo de melhorar a segurança alimentar dos produtos, sem ter de recorrer a tratamentos térmicos. Alguns exemplos de produtos finais, cuja produção implica a utilização desta técnica, são os sumos de frutas e vegetais (como a maçã e a cenoura), queijos (ricota), gelados, manteigas e leites fermentados; lacticínios desnatados ou com baixo teor em lactose; leite microfiltrado; cervejas, vinhos e cidras sem álcool, etc.

▪ **QUEIJO**

A ultrafiltração do leite representa a primeira verdadeira inovação na história da confecção do queijo e oferece vantagens consideráveis, quer aos fabricantes, como aos consumidores. Durante o processo de fabrico de queijo, alguns dos nutrientes presentes no leite são perdidos no soro (hidratos de carbono, vitaminas solúveis e minerais). Estas perdas têm consequências económicas consideráveis, no processo de transformação. A ultrafiltração é um meio eficaz para recuperar estes subprodutos que podem ser utilizados posteriormente para desenvolver outros produtos alimentares. Ao mesmo tempo o resultado é a obtenção de produtos de queijo com um maior valor nutricional. Outra aplicação, no caso do queijo, é a utilização da microfiltração para eliminar microorganismos indesejados do leite utilizado na produção de queijo fresco. A ultrafiltração de leite é ainda outra maneira de aumentar os sólidos antes de moldar o queijo. A maior diferença entre Osmose Reversa e Ultrafiltração é que a Osmose reversa retém todo o sólido do leite enquanto a ultrafiltração permite a passagem da lactose e muitos outros minerais de leite através da membrana. Isto freqüentemente tem um benefício para o produtor de queijo, uma vez que este queijo produzirá menos soro de leite a ser manuseado e aumento do rendimento dos queijos moldados. O fluxograma da figura-11 mostra um processo de produção de queijo com ultrafiltração (UF).

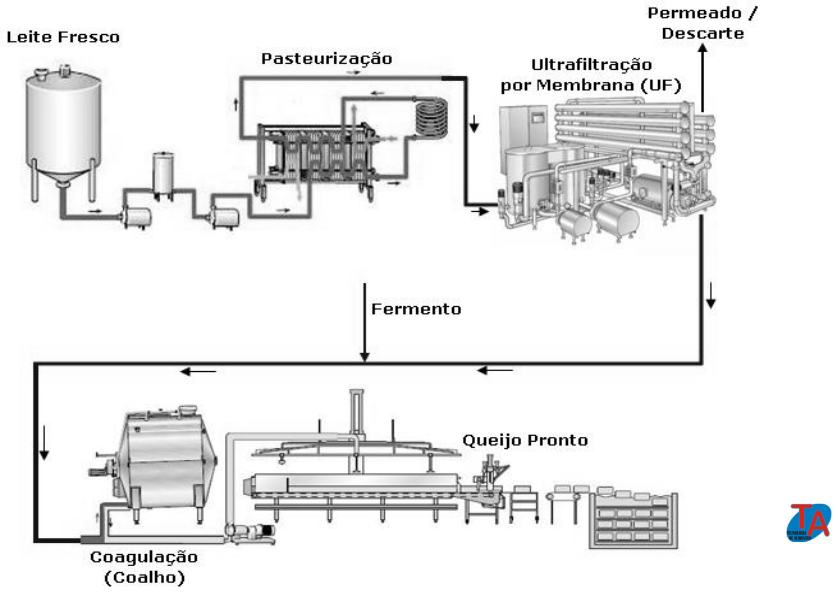


Figura-11: Fluxograma processo de produção de queijo com Ultrafiltração (UF)

▪ **LEITE MICROFILTRADO**

Técnicas clássicas utilizadas para melhorar a conservação e a segurança baseiam-se no tratamento térmico, como a pasteurização e esterilização. Estas técnicas alteram algumas das propriedades sensoriais do leite, como o seu sabor, por exemplo. A microfiltração constitui uma alternativa ao tratamento térmico, na medida em que reduz a presença de bactérias e aumenta a segurança microbiológica dos produtos lácteos, ao mesmo tempo, que preserva o seu sabor. O leite microfiltrado fresco mantém-se durante mais tempo que o tradicional leite fresco pasteurizado. Existem ainda novidades na tecnologia de produção de membranas, que conduzem a condições de segurança e higiene semelhantes às obtidas pela termização do leite magro a 50ºC. Este processo vai permitir a comercialização de um novo tipo de leite, que pode ser armazenado à temperatura ambiente, durante cerca de seis meses, e que terá um sabor idêntico ao do leite fresco pasteurizado.

▪ **SORVETES**

Na indústria dos sorvetes, a ultrafiltração do leite antes da mistura é principalmente utilizada para alterar o conteúdo da lactose. O aumento do nível de proteína do sorvete permite mobilização de muita água, contudo adicionando sólidos de leite em pó desnatado, aumenta especialmente o conteúdo de lactose que contribui para o estado arenoso da formação de cristal durante o congelamento. A ultrafiltração remove a lactose no permeado além de outros minerais lácteos. Utilizando a ultrafiltração pode-se aumentar sua proteína sem o efeito colateral de aumento da concentração de lactose e alcance de maior data de validade, devido ao menor choque térmico no ciclo de descongelamento.

BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

MCCABE, W.L, SMITH, J.C., HARRIOTT, P., **Operaciones Unitárias em Ingenieria Química**, McGraw-Hill, New York, 1991.

FOUST, A.S.; WENZE L.A.; CLUMP, C.W.; MAUS, L.; BRYCE ANDERSEN, L. **Princípios de Operações Unitárias**, 2a Ed.. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1982.

EARLE,R.L.,EARLE,M, D., **Unit Operations in Food Processing**, Publis.,NZIFST, New Zealand, 1983.

MAFART, P. , **Génie Industriel Alimentaire, Les procédés physiques de conservation**, vol-1, Lavoisier, Paris, 1996.

COULSON & RICHARDSON'S, **Chemical Enginnering**, Chemical Engineering Design, Butterworth-Heinemann. Oxford, 2003.

WEYNE, G.R. **Operações Unitárias nas Indústrias Farmacêuticas e de Alimentos**, Ed. Scortecci, SP, 2000.

DORSA, R. **Tecnología de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados**, publ. Westfalia Separator do Brasil, 2000.

LIMA,L, R., **Elementos Básicos de Engenharia Química**, MacGraw-Hill, RJ, Brasil, 1978.

BARUFFALDI, R. & MARIA N.O., - **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos** – Atheneu-SP., 1998.