

Domande operazioni unitarie

- 1) **Descrivi il processo di sterilizzazione del latte per scambio indiretto, indicando le condizioni operative e descrivendo gli impianti utilizzati**

In questo processo il latte entra a 4-5 °C e viene preriscaldato, con recupero di calore, fino a 50-60°C. dopo di che viene omogeneizzato e poi riscaldato fino a 138-142°C tramite scambio con acqua surriscaldata o vapore. A questo punto subisce una sosta per 1-5" e raffreddato in recupero fino a 95-105°C. dopo vengono eliminati gli incondensabili e i cattivi odori e raffreddato ancora in recupero fino a 20-25°C per poi essere condizionato asetticamente in contenitori sterili.

Gli impianti di sterilizzazione per scambio indiretto possono essere: scambiatori a piastre, tubolari o votator.

- 2) **Definisci il parametro attività dell'acqua e spiegarne come varia in funzione della temperatura**

L'attività dell'acqua è un indice relativo alla disponibilità d'acqua che, in un determinato prodotto, è libera da particolari legami con altri componenti, dunque, della quantità d'acqua disponibile per reazioni chimiche e biologiche.

Per misurare il livello di attività dell'acqua si misura la tensione di vapore, cioè la pressione esercitata dalle molecole di acqua liberatesi in fase vapore dal prodotto. La pressione di vapore in un prodotto varia da 0 (quando il legame acqua-prodotto è molto forte e nessuna molecola si libera in fase vapore), ad un valore massimo di 1 (che corrisponde alla tensione di vapore dell'acqua libera, non legata in alcun modo al prodotto).

Poiché il valore della pressione di vapore dipende dalla temperatura, la disponibilità dell'acqua viene definita come il rapporto adimensionale tra la pressione di vapore dell'acqua nel prodotto (p), rispetto alla pressione di vapore dell'acqua pura (p'), alla stessa temperatura: Questo parametro è definito ATTIVITA' DELL'ACQUA (a_w) o umidità relativa (UR) $\rightarrow a_w = UR = p/p'$.

La relazione tra quantità di acqua in un prodotto e la sua attività dell'acqua è nota come igroscopicità.

L'igroscopicità dei prodotti si studia e si esprime attraverso grafici detti isoterme di adsorbimento (idratando il prodotto) o isoterme di desorbimento (disidratando il prodotto).

L'andamento delle isoterme dipende dalla temperatura. Per tutti i prodotti un aumento della temperatura produce, per un identico valore di umidità assoluta, un valore di a_w maggiore: ciò significa che i prodotti sono meno igroscopici all'aumentare della temperatura.

L'attività dell'acqua dipende dalla temperatura secondo la legge di Arrhenius:

- 3) **Descrivere come è fatta e come funziona la centrifuga orizzontale tipo decanter, illustrarne alcune applicazioni tipiche**

È una centrifuga che opera nella separazione solido-liquido. È continua ad asse orizzontale di forma cilindro-conica. All'interno del bolo è presente una coclea, che ruota ad una velocità diversa da quella del bolo stesso. La sospensione è alimentata da un canale centrale alla centrifuga, dove passa dalla parte cilindrica a quella conica. I solidi, per azione della forza centrifuga, sono proiettati sulla parete del bolo; la parte liquida è scaricata in continuo da diaframmi posti sulla parte distale cilindrica.

I solidi vengono raccolti dalla vite senza fine e convogliati verso la parte conica, ad un certo punto emergono dal battente di liquido e sono esauriti, sempre per effetto della forza centrifuga e della coclea, per venire in fine scaricati. La zona di esaurimento dei solidi prende il nome di spiaggia.

Queste centrifughe hanno una velocità di rotazione relativamente modesta, non sono infatti adatte a

separare particelle fini, ma sono largamente usate per la separazione di sospensioni anche concentrate di solidi grossolani; per esempio: trebbie di birra; fecce di fermentazione; sansa di olive;...

4) **Elencare le tecniche di separazione per membrana, indicando il principio della separazione e alcune tipiche applicazioni nei processi alimentari**

Nella separazione per membrana, le membrane sono costituite da polimeri sintetici, materiale ceramico, più raramente da acetato di cellulosa e la differenza di pressione è essenziale quale forza direttrice del processo, le pressioni di esercizio sono elevate e il flusso è tangenziale al mezzo filtrante; è necessario operare in sistema chiuso.

Le tecniche di separazione per membrana sono:

-La MICROFILTRAZIONE (MF): usata per la separazione di microrganismi, separazione di macromolecole o aggregati molecolari (come micelle). Pressione esercitata: minore di 1 bar e grandezza pori: 10^{-1} – 10 μm . Nei processi alimentari è applicata per la rimozione dei microrganismi dal latte scremato e dal siero, per rimuovere il grasso dal siero destinato alla produzione di concentrati proteici, e anche nel settore enologico.

-La ULTRAFILTRAZIONE (UF): per concentrazione di macromolecole. Pressione esercitata: 1 – 10 bar e grandezza pori: 10^{-2} – 10^{-1} μm .

Nei processi alimentari è tipicamente impiegata per concentrare le proteine del latte e del siero e per standardizzare il latte destinato alla produzione di formaggio e yoghurt.

La DIAFILTRAZIONE: una modifica dell'ultrafiltrazione, nella quale solvente puro viene aggiunto in continuo all'alimentato con lo scopo di facilitare la separazione dei componenti che attraversano la membrana (ioni, molecole piccole quali mono e disaccaridi, acidi organici).

-La NANOFILTRAZIONE (NF): concentrazione di composti organici mediante rimozione di parte degli ioni monovalenti quali sodio e cloruri (demineralizzazione parziale). Pressione esercitata: 20 – 40 bar e grandezza pori: 10^{-3} – 10^{-2} μm .

Nei processi alimentari è utilizzata per la parziale desalinizzazione di siero, permeato o retentato da UF

-L'OSMOSI INVERSA (RO): concentrazione di soluzioni mediante rimozione dell'acqua. Pressione esercitata: 30 – 60 bar e grandezza pori: 10^{-4} – 10^{-3} .

Nei processi alimentari è usata per la concentrazione del siero, del permeato e del concentrato da UF.

5) **disegnare il flow-sheet della sterilizzazione del latte mediante iniezione di vapore ed illustrarne i vantaggi rispetto alla sterilizzazione del latte in bottiglia**

Le fasi di sterilizzazione del latte diretta è: il latte entra nello sterilizzatore a 4-5°C → avviene un preriscaldamento per recupero di calore fino a 70-75°C → ancora preriscaldamento per scambio contro vapore o acqua fino a 80°C → riscaldamento immediato con iniezione diretta di vapore fino a 145-150°C → qualche secondo di sosta → pre-raffreddamento flash fino a 80°C del latte, il vapore viene espulso con un'evaporazione flash → il latte viene raffreddato per recupero di calore a 50-60°C → dopo avviene l'omogeneizzazione aseptica → latte raffreddato a 20-25°C per recupero di calore → inviato al confezionamento aseptico.

I vantaggi di questo tipo di sterilizzazione sono:

- possono essere realizzate condizioni HTST sia per la sterilizzazione che per il raffreddamento del prodotto (ciò è reso possibile dalla rapidità e dall'omogeneità del trattamento su tutta la massa di prodotto);
- il trattamento termico è indipendente dal successivo condizionamento: ciò consente un trattamento ottimizzato del prodotto qualunque sia il tipo e il formato del contenitore;
- poichè i contenitori sono sterilizzati separatamente e con sistemi diversi, è possibile confezionare in contenitori di formato anche molto grande, con caratteristiche di resistenza fisica e termica diverse dal classico contenitore in banda stagnata;

- per la sterilizzazione dei contenitori possono essere utilizzati mezzi incompatibili con il prodotto alimentare (disinfettanti chimici, radiazioni, raggi UV) senza che ciò comprometta la qualità del prodotto e con riduzione dei costi;
- risultano attenuate le interazioni tra prodotto e contenitore che sono accentuate dal contatto ad elevate temperature;
- si riduce il rischio di danneggiamento o perdita di ermeticità dei contenitori, insito nella sterilizzazione dei prodotti confezionati;
- è possibile sterilizzare separatamente prodotti diversi o costituiti da fasi diverse, che poi saranno confezionati in un unico contenitore (piatti pronti, ecc.). Ciò consente di ottimizzare il trattamento termico per ciascun componente e di minimizzare la compenetrazione di aromi;
- i costi di impianto sono comparabili a quelli della sterilizzazione dei prodotti, mentre i costi di esercizio, di manodopera e gli ingombri sono inferiori.

6) **Descrivere il filtro a tamburo sottovuoto e spiegare le modalità di funzionamento**

In questo filtro, la differenza di pressione (che è la forza direttrice del processo di filtrazione) è ottenuta creando il vuoto a valle dello strato filtrante; ma l'alimentazione della sospensione avviene a P atmosferica.

L'impianto consiste in un tamburo orizzontale, che ruota lentamente attorno all'asse principale, mentre è immerso parzialmente nella vasca di alimentazione della torbida (cioè la sospensione), che è a livello costante. Il tamburo è rivestito da un supporto di filtrazione a deposito, con o senza alluvionaggio. All'interno del tamburo ci sono dei condotti che, collegati al sistema del vuoto, raggiungono la superficie inferiore dello strato filtrante, dove raccolgono il filtrato che lo ha attraversato sotto la forza dell'aspirazione.

Una variante adottata con il filtro a tamburo sotto vuoto è la filtrazione con prepanello: sul tamburo viene costituito un prepanello, alimentando nella vasca una sospensione di coadiuvanti di filtrazione. Quando lo spessore del prepanello raggiunge il valore desiderato, si alimenta la sospensione e si procede alla filtrazione. Questo impianto consente la filtrazione di sospensioni di solidi poco permeabili o particolarmente comprimibili.

7) **Descrivere le cinetiche dell'essiccamento in corrente d'aria in relazione alla fenomenologia del processo**

La cinetica di essiccamento descrive la variazione del contenuto di acqua del prodotto nel corso dell'operazione, cioè in funzione del tempo.

L'essiccamento in corrente d'aria dei prodotti alimentari segue una cinetica complessa, caratterizzata da una sequenza di fasi a differente velocità di rimozione dell'acqua dal prodotto.

Da una curva che rappresenta la relazione fra umidità assoluta e tempo di essiccamento, si ricava una seconda curva che riporta la velocità di essiccamento in funzione del tempo. Questa curva permette generalmente di identificare tre fasi dell'essiccamento, caratterizzate da diverse velocità di essiccamento e quindi da diversi fenomeni molecolari: -una fase in cui la velocità di essiccamento aumenta fino a raggiungere un valore massimo, detta **fase di riscaldamento**; nei prodotti alimentari è essenzialmente regolata dai fenomeni di trasporto convettivi di calore e di materia che avvengono alla superficie del prodotto.

-una fase in cui la velocità di essiccamento rimane costantemente pari al suo valore massimo, detta fase ad **andamento costante**; nei prodotti alimentari questa fase è molto breve o addirittura assente.

-una fase in cui la velocità di essiccamento diminuisce sempre di più, detta fase ad **andamento rallentato**.

8) **Spiegare come funziona lo sterilizzatore a fiamma tipo sterilflamme e descrivere per quali tipologie di prodotto si utilizza**

Qui i contenitori sono sterilizzati per passaggio di sterilizzatori a gas. Durante il passaggio i contenitori ruotano velocemente provocando un'agitazione efficace del prodotto. Perché grazie all'agitazione si migliora il trasporto di calore e si rendono più omogenee le temperature interne.

All'inizio i contenitori vengono riscaldati a vapore (intorno ai 95°C) dopodiché passano nella parte dove vengono sterilizzati ad alte temperature (130-135°C). Dopo abbiamo la zona di sosta dove i bruciatori vengono allontanati in modo da fornire solo il calore necessario per il mantenimento della T° di sterilizzazione. Questa fase dipende dal tipo di prodotto e varia dai 3 minuti (champignons) ai 12 minuti (piselli).

Le T° di sterilizzazione sono limitate dalla tenuta dei coperti dei contenitori alla pressione interna, che non è più bilanciata da quella esterna. Pertanto opportuno lavorare con spazi vuoti all'interno del contenitore e, per i contenitori maggiori, con scatole e fondelli rinforzati.

Questo tipo di sterilizzatori si presta particolarmente bene a trattare prodotti liquidi o contenenti comunque una fase liquida; non solidi perché hanno maggiore resistenza al trasporto di calore, rappresentata dalla conduzione all'interno del prodotto. Con questi sterilizzatori i tempi sono molto brevi e sono molto indicati per realizzare una sterilizzazione di tipo HTST.

9) **Illustrare i principi della liofilizzazione e descrivere un tipico processo di liofilizzazione, indicando i vantaggi rispetto ad altri trattamenti di disidratazione**

Rispetto agli altri trattamenti di disidratazione, è l'operazione che minimizza il danno tecnologico e che preserva al meglio le qualità sensoriali e nutrizionali. Questa operazione ha un costo elevato, per questo non viene sottoposta a tutti i prodotti, ma solo ad alcuni con un elevato valore commerciale (per esempio: bevande nervine o prodotti per l'infanzia).

I componenti all'interno di un liofilizzato, sono gli stessi del prodotto di partenza questo è possibile ottenerlo perché la temperatura dell'intero trattamento è bassa e quindi il danno termico è ridotto al minimo. I prodotti liofilizzati sono quindi prodotti di ottima qualità e conservabili per periodi molto lunghi; sono infine facilmente reidratabili perché il loro materiale ha elevata porosità.

Visto l'elevata porosità e la bassa attività dell'acqua, sono particolarmente sensibili all'ossidazione e devono essere quindi accuratamente confezionati sotto vuoto.

Come avviene la liofilizzazione: il suo principio è che la disidratazione avviene per sublimazione del ghiaccio, portando il sistema acquoso al DI SOTTO DEL PUNTO TRIPLO (0,098°C alla pressione di 4,8 mm Hg).

Inizialmente il prodotto viene raffreddato a T° comprese tra -10 e -35 °C, in questo modo l'acqua passo dallo stato L allo stato S;

si raggiunge il vuoto e si disidrata il prodotto per sublimazione, fornendo il necessario calore latente o per irraggiamento o per conduzione.

10) **Illustrare le modalità dell'essiccamento spray in controcorrente d'aria e descrivere i componenti di un tipico spray-drier**

sistema di essiccamento utilizzato per i prodotti liquidi, come il latte.

Il prodotto liquido viene nebulizzato in una camera, dove è a contatto con aria molto calda.

La differenza con gli essiccatori a letto fluido è:

-lo stato fisico del prodotto trattato: fluidi (spray), solidi (letto fluido);

- il tempo di trattamento: 5-100 secondi (spray); 1-300 min (letto fluido);

-le dimensioni delle particelle essiccate: 10-500 um (spray), 10-3000 um (a letto fluido).

Le fasi del processo:

1° NEBULIZZAZIONE: il prodotto viene nebulizzato a contatto con una corrente di aria calda, mediante un atomizzatore che può essere o ad ugelli ad alta pressione o di tipo centrifugo: si forma un sottile film di liquido che, a contatto con l'aria calda si rompe, per effetto delle tensione superficiale, in forma di goccioline. (L'aria, che proviene da un riscaldatore indiretto o da un bruciatore, è filtrata e viene

alimentata a temperature comprese fra 180 e 220 °C, generalmente in equicorrente rispetto al flusso del prodotto nebulizzato, per minimizzare il danno termico.)

2° **ESSICCAMENTO**: il prodotto viene essiccato all'interno di una camera di forma tronco conica. È importante che le goccioline arrivino già essiccate alle pareti della camera, altrimenti vi aderiscono e rimangono per tempi lunghi subendo una forte degradazione. Per questo il dimensionamento della camera è un fattore critico.

3° **RECUPERO DELLE POLVERI E SCARICO DELL'ARIA**: all'interno della camera di essiccamento ci sono due punti di scarico delle polveri:

-uno all'estremità inferiore della camera per le particelle di maggiori dimensioni, che escono per gravità;

-l'altro posto ad una certa altezza all'interno della camera, attraverso il quale escono l'aria esausta e le particelle più fini. Le particelle fini vengono inviate ad un ciclone per separarle dall'aria in cui sono in sospensione: la miscela polveri-aria entra tangenzialmente nella parte alta del ciclone e si mette in rotazione attorno al tubo centrale. Per effetto centrifugo le particelle solide vanno verso la parete del ciclone e per gravità cadono sul fondo, all'interno di una valvola ad alveoli, che, ruotando a scatti permette lo svuotamento del ciclone senza comprometterne la tenuta. L'aria esce invece in alto dal foro centrale d'uscita del ciclone, aspirata da un ventilatore.

L'aria uscente, poiché può contenere ancora particelle molto fini, passa attraverso un altro ciclone (di piccolo diametro per essere più efficace), oppure attraverso un filtro a maniche, oppure attraverso un abbattitore ("scrubber") a pioggia d'acqua, oppure attraverso sistemi misti ciclone —filtro a maniche o ciclone —"scrubber". L'aria esausta e così depurata viene infine scaricata a temperature variabili tra 100 e 130 °C.

4° **ISTANTANEIZZAZIONE** questa fase rendere "istantaneamente" reidratibili le polveri. In pratica, le polveri uscenti dall'essiccatore spray vengono disperse in una camera in cui si introduce dell'acqua finemente nebulizzata o del vapore saturo; questo bagna la superficie delle particelle e ne provoca l'agglomerazione in ammassi più o meno grandi; si genera così una struttura molto porosa.

Successivamente tali aggregati di particelle sono definitivamente disidratati in essiccatori a letto fluido. Questo perché una caratteristica di un prodotto in polvere è la sua reidratibilità: le polveri più fini si reidratano con maggiore fatica di quelle grosse e quelle più leggere più difficilmente di quelle a maggiore densità

11) **Descrivere i criteri di ottimizzazione dei trattamenti termici**

L'ottimizzazione dei processi di sterilizzazione consiste nella massimizzazione dell'effetto di distruzione dei microrganismi e degli enzimi e nella minimizzazione del danno termico.

I problemi pratici che si devono risolvere per l'ottimizzazione dei trattamenti di sterilizzazione sono problemi di progetto. Occorre stabilire le condizioni del trattamento termico più opportune per ottenere gli effetti desiderati, minimizzando gli effetti indesiderati.

Poiché le reazioni che hanno un elevato valore di Energia di attivazione (E_a) vengono accelerate da un aumento di temperatura più delle reazioni che hanno un basso valore di E_a , i criteri generali di ottimizzazione dei trattamenti di sterilizzazione sono:

1) se le reazioni desiderate hanno un' E_a più elevata di quelle indesiderate,

l'ottimizzazione si ottiene con trattamenti ad alte temperature per tempi brevi

2) se le reazioni desiderate hanno un' E_a più bassa di quelle indesiderate, l'ottimizzazione si ha con trattamenti a basse temperature per tempi lunghi.

Le diverse reazioni che hanno luogo durante un trattamento termico sono caratterizzate da energie di attivazione diverse: in particolare, la distruzione dei microrganismi presenta energia di attivazione elevata, mentre l'inattivazione enzimatica e le reazioni di danno termico (perdita di vitamine e di nutrienti, m

odificazioni sensoriali) presentano energia di attivazione bassa. Ciò significa che un aumento della temperatura ha effetti diversi sulla velocità dei diversi fenomeni: per le reazioni con elevata energia di attivazione un aumento della temperatura provoca un incremento della velocità molto superiore rispetto a quello che si ottiene per reazioni a bassa energia di attivazione.

12) **Illustrare i principi di ultrafiltrazione e dell'osmosi inversa, spiegare come sono condotte queste operazioni ed indicare alcune applicazioni tipiche**

L'ultrafiltrazione (UF) è usata per concentrare macro molecole, sulla membrana è esercitata una pressione di 10 bar. Ed ha quindi una capacità filtrante superiore rispetto alla microfiltrazione data la riduzione del diametro dei pori, che è di $10^{-2}/10^{-1}$ μm . Mediante l'UF possono essere separate particelle quali: acqua, minerali e lattosio; proteine batteri e grassi non la superano. Nell'UF il meccanismo di ritenzione è per esclusione, in base al peso molecolare del soluto e quindi del cut-off della membrana.

Nei processi alimentari è tipicamente impiegata per concentrare le proteine del latte e del siero e per standardizzare il latte destinato alla produzione di formaggio e yoghurt.

Per quanto riguarda l'osmosi inversa (RO), questa permette la concentrazione di soluzioni mediante rimozione dell'acqua. Nell'RO invece, si osserva un meccanismo di permeazione del solvente (acqua) attraverso la membrana semipermeabile. Il solvente ha affinità con la membrana, e a causa delle elevate pressioni applicate si solubilizza in essa e la attraversa. Al contrario i soluti, che presentano caratteristiche chimico-fisiche poco compatibili con la membrana, non riescono ad attraversarla. Molecole con caratteristiche simili a quelle dell'acqua (ad esempio metanolo, etanolo, acido acetico) tendono ad attraversare la membrana, cioè sono poco ritenute.

La pressione osmotica è determinata dalla presenza nella soluzione di molecole di soluto, ed è quantificabile dalla relazione di Vant'Hoff: $\Delta = CRT$.

L'equazione della permeabilità in RO è: $dV/dt = KA (\Delta p - \Delta)$.

Se la pressione osmotica Δ è elevata, occorre applicare un Δp molto elevato per ottenere la permeazione del solvente.

Nei processi alimentari è usata per la concentrazione del siero, del permeato e del concentrato da UF.

13) **Descrivere gli essiccatori continui a nastro**

sono gli essiccatori più largamente usati per i prodotti solidi. Sono continui e possono funzionare sia con aria a circolazione normale, che con aria a circolazione tangenziale.

Possono avere uno sviluppo:

-Verticale: con nastri sovrapposti.

- O orizzontale con sezioni in serie. Questi caratterizzati da una grande flessibilità di utilizzo e di impiego; le sezioni possono infatti funzionare con caratteristiche d'aria differenti.

14) **Spiegare come il parametro dell'attività dell'acqua influenza la conservabilità dei prodotti alimentari dal punto di vista della stabilità microbiologia ed enzimatica**

Ricordando che l'attività dell'acqua (a_w) (o l'umidità relativa, UR) si misura in una scala da 0 a 100 (%), e sapendo che:

-se $a_w=0$ l'acqua è fortemente legata da non presentare pressione di vapore (e quindi l'acqua non si libera in forma di vapore).

-e se $a_w=1$ l'acqua nel prodotto ha la stessa pressione di vapore dell'acqua pura (quindi non è legata).

Il primo effetto della disidratazione di un prodotto alimentare è dapprima un rallentamento e poi, al di sotto di umidità relativa del 60-70%, una totale inibizione dello sviluppo microbico.

Su questo fatto si fonda la conservazione di un gran numero di prodotti alimentari, che sono detti ad umidità intermedia, nei quali l'attività dell'acqua è stata ridotta o per parziale disidratazione o per

aggiunta di sostanze osmoticamente attive come lo zucchero o il sale.

Fortunatamente i microrganismi patogeni sono molto esigenti in termini di disponibilità di acqua e sono inibiti a valori di a_w inferiori a 85-90%.

Molti altri fattori intervengono sul comportamento dei microrganismi, pertanto ogni alimento necessita di uno studio particolare; contando anche il fatto che nello stesso prodotto ci possono essere zone diverse che consentono o meno lo sviluppo microbico.

Per quanto riguarda le reazioni enzimatiche, sono inibite a livelli di umidità pari o inferiori allo strato monomolecolare, ai quali l'acqua non può esercitare il suo ruolo di solvente. Alcune attività enzimatiche possono procedere a velocità ridotta anche in presenza di fasi solvente non acquose (ad esempio attività delle lipasi in fase lipidica). Le attività enzimatiche sono progressivamente accelerate dall'aumento di attività dell'acqua, sino a che non prevale l'effetto di diluizione.

15) **descrivere gli essiccatori a tamburo (roller) (cioè a cilindri), e spiegare come funzionano le possibili varianti impiantistiche**

Negli essiccatori a cilindri il prodotto liquido o pastoso, viene stratificato sulla superficie di uno o due cilindri rotanti, riscaldati internamente da vapore. L'acqua evapora per ebollizione, lasciando uno strato di prodotto essiccato che viene allontanato in continuo sotto forma di scaglie mediante coltelli raschiatori.

La durata dell'essiccamento è inferiore al tempo necessario per la rotazione completa del cilindro. La rapidità dell'operazione si deve prevalentemente all'elevata velocità di trasferimento del calore e all'ampia superficie di scambio fra il sottile film di prodotto e la superficie riscaldante.

16) **descrivi i filtri pressa**

Il filtro pressa è molto diffuso in ambito alimentare grazie: alla semplicità d'uso, alla grande versatilità rispetto alle caratteristiche della sospensione e dei mezzi filtranti e grazie alla possibilità di aumentare o diminuire facilmente la superficie di filtrazione.

l'impianto è costituito da un'intelaiatura in acciaio che regge una serie di piastre verticali quadrate, mantenute unite da un sistema a pressione (idraulica o meccanica).

Il tutto è racchiuso tra due piastroni laterali, su uno si trova l'ingresso del canale di alimentazione della torbida e sull'altro il canale di scarico del filtrato.

Possiamo avere filtro pressa a piastre e telai e filtro pressa a camere.

-**FILTRO PRESSA A PIASTRE E TELAI:** le piastre (elementi pieni) sono alternate con i telai (elementi vuoti), ed in mezzo a questi è posto il mezzo filtrante (tela, cartone). L'accostamento alternato costituisce le camere di filtrazione, destinate ad accogliere il deposito. Le piastre presentano dei fori, agli angoli, che costituiscono i canali di alimentazione della torbida e di scarico del filtro.

-**FILTRO PRESSA A CAMERE:** qui il telaio non è presente, le piastre hanno il bordo in risalto rispetto il piano filtrante, in questo modo l'accostamento di più piastre crea le camere di filtrazione senza che sia necessaria la presenza del telaio. Questi filtri sono utilizzati per filtrazioni di sgrossatura (per esempio i filtri feccia in enologia).

17) **descrivere il principio di funzionamento delle centrifughe a calotta**

Le centrifughe a calotta sono dei dischi conici che si impilano uno sull'altro, con dei distanziatori, che mantengono distanti pochi millimetri una calotta e l'altra. La funzione delle calotte è:

-suddividere il volume della centrifuga in tanti bacini di decantazione paralleli, aumentando così la portata e la capacità dell'impianto;

-minimizzare le turbolenze del liquido nella centrifuga, dovute al moto accelerato.

La portata limite per le centrifughe a calotta è: $V = V_d \cdot \Sigma$ (Σ = superficie equivalente).

Le calotte vengono utilizzate sia per le centrifughe decantatrici (separazione solido-liquido), che per quelle separatrici (separazione solido-solido).

Decantatrici: in queste centrifughe le calotte hanno una superficie continua ed un diametro uguale a quello del disco distributore. La sospensione giunta alla fine del disco si ripartisce tra le calotte: i solidi vengono spinti nella superficie inferiore di ciascuna calotta, per poi scivolare per effetto della forza centrifuga verso la camera dei fanghi dove vengono depositati. Il liquido invece risale l'asse della centrifuga dove viene scaricato, dall'alto.

Separatrici: in queste centrifughe le calotte presentano dei fori in corrispondenza alla periferia del disco distributore: questi fori consentono il passaggio del liquido all'interno delle calotte. Una volta dentro, il liquido pesante viene spinto verso la periferia lungo le calotte, mentre il liquido leggero risale tra le calotte verso l'asse della centrifuga. Entrambi i liquidi vengono scaricati dall'alto.

18) **descrivere l'autoclave statica e spiegare dettagliatamente il suo funzionamento**

L'autoclave è uno dei principali macchinari usati per la sterilizzazione, può essere statica o non statica a seconda se i contenitori da sterilizzare vengono agitati o meno. L'autoclave statica tradizionale è cilindrica ad asse verticale, dove all'interno viene posto un cesto metallico cilindrico contenente i contenitori, posti in modo più o meno ordinato. Inizia la sterilizzazione con l'immissione di vapore dal basso attraverso un opportuno distributore, che uscirà poi come condensa, sempre dal basso, per la gravità.

All'interno dell'autoclave sono presenti un manometro ed un termometro per monitorare la pressione e la temperatura. È importante che all'inizio dell'operazione si sposti, con il vapore, tutta l'aria presente all'interno attraverso una valvola. Questo perché la presenza di sacche d'aria, la pressione è superiore a quella corrispondente alla temperatura del vapore saturo.

Dopo il tempo di sterilizzazione previsto, si procede raffreddando immediatamente il contenitore per evitare danno termico, e lo si fa immettendo dell'acqua nell'autoclave, o con sistemi a pioggia o con riempimento dal basso.

Durante la fase di raffreddamento i contenitori possono aprirsi perché, mentre nell'autoclave il raffreddamento e la caduta di pressione avvengono velocemente, nei contenitori avviene più lentamente e quindi portare all'interno dei contenitori una sovrappressione. Per evitare questo, insieme ad acqua di raffreddamento viene immessa aria compressa, per bilanciare in questo modo, la pressione interna dei contenitori

19) **descrivere il parametro attività dell'acqua e descriverne i metodi di misura**

L'attività dell'acqua (a_w) o umidità relativa (UR) indica il livello di disponibilità di acqua in un prodotto; ed è il rapporto adimensionale tra la pressione di vapore dell'acqua nel prodotto (p), rispetto alla pressione di vapore dell'acqua pura (p'), alla stessa temperatura: $a_w = UR = p/p'$.

Il livello di attività dell'acqua si misura quindi rispetto la misura della tensione di vapore, cioè della pressione esercitata dalle molecole di acqua liberatesi in fase vapore dal prodotto. Maggiore è l'affinità della matrice per l'acqua, minore sarà il numero di molecole che vaporizzano e pertanto minore sarà la pressione di vapore. La pressione di vapore in un prodotto varia da 0, quando il legame acqua-prodotto è molto forte e nessuna molecola si libera in fase vapore, ad un valore massimo di 1, che corrisponde alla tensione di vapore dell'acqua libera, non legata in alcun modo al prodotto.

L' a_w si determina tramite igrometro:

Il prodotto viene posto ad equilibrare in recipienti chiusi a perfetta tenuta, a temperatura costante; si raggiunge l'equilibrio, cioè il valore dell' a_w del prodotto è uguale a quello dell'ambiente circostante; una parte del campione viene posta all'interno dell'igrometro che ne determina il punto di rugiada. Perché la temperatura del punto di rugiada è in funzione dell'umidità relativa dell'aria, che è equivalente all'umidità relativa del campione.

20) **descrivere l'operazione di essiccamento in corrente d'aria, in termini di fenomeni di trasporto (calore e materia) e di cinetiche di processo**

L'essiccamento in corrente d'aria è un trasporto convettivo, simultaneo e interdipendente, di calore e di massa tra un prodotto e una corrente di aria, condizionato e regolato dai coefficienti liminari di scambio all'interfaccia aria-superficie del prodotto.

Il prodotto da essiccare è investito da una corrente d'aria calda, alimentata tangenzialmente e/o in direzione normale rispetto al piano su cui è disposto il prodotto.

Alla superficie del prodotto si hanno due fenomeni simultanei di trasporto:

1. un trasporto di calore convettivo dall'aria calda alla superficie del prodotto per effetto della differenza di temperatura fra aria e prodotto, con conseguente riscaldamento della superficie del prodotto.
2. un trasporto di materia (acqua allo stato di vapore) convettivo dalla superficie del prodotto all'aria per effetto della differenza di pressione di vapore d'acqua fra prodotto e aria, con conseguente disidratazione della superficie

Questi due fenomeni, che avvengono all'interfaccia tra prodotto e aria, sono interdipendenti.

I due fenomeni di trasporto sono tanto più rapidi, quanto maggiore è la superficie di scambio, quanto maggiore è la differenza di temperatura e di pressione di vapore tra l'aria e la superficie del prodotto e quanto maggiore sono i coefficienti di trasporto convettivo di calore e di materia.

In conseguenza del trasporto di calore e di materia alla superficie del prodotto si instaurano due fenomeni di trasporto all'interno del prodotto:

1. un trasporto di calore per conduzione in regime non stazionario dalla superficie del prodotto verso l'interno, con conseguente riscaldamento dell'interno del prodotto.
2. un trasporto di materia (acqua allo stato liquido) per diffusione in regime non stazionario dall'interno verso la superficie del prodotto, con conseguente disidratazione dell'interno del prodotto.

La cinetica di essiccamento descrive la variazione del contenuto di acqua del prodotto nel corso dell'operazione, cioè in funzione del tempo.

L'essiccamento in corrente d'aria dei prodotti alimentari segue una cinetica complessa, caratterizzata da una sequenza di fasi a differente velocità di rimozione dell'acqua dal prodotto.

Da una curva che rappresenta la relazione fra umidità assoluta e tempo di essiccamento, si ricava una seconda curva che riporta la velocità di essiccamento in funzione del tempo. Questa curva permette generalmente di identificare tre fasi dell'essiccamento, caratterizzate da diverse velocità di essiccamento e quindi da diversi fenomeni molecolari: -una fase in cui la velocità di essiccamento aumenta fino a raggiungere un valore massimo, detta fase di riscaldamento; nei prodotti alimentari è essenzialmente regolata dai fenomeni di trasporto convettivi di calore e di materia che avvengono alla superficie del prodotto.

-una fase in cui la velocità di essiccamento rimane costantemente pari al suo valore massimo, detta fase ad andamento costante; nei prodotti alimentari questa fase è molto breve o addirittura assente.

-una fase in cui la velocità di essiccamento diminuisce sempre di più, detta fase ad andamento rallentato.

21) **illustrare il principio teorico della centrifugazione. descrivere la centrifuga orizzontale tipo decanter**

La centrifuga di tipo decanter, è una centrifuga che opera nella separazione solido-liquido. È continua ad asse orizzontale di forma cilindro-conica. All'interno del bolo è presente una coclea, che ruota ad una velocità diversa da quella del bolo stesso. La sospensione è alimentata da un canale centrale alla centrifuga, dove passa dalla parte cilindrica a quella conica. I solidi, per azione della forza centrifuga, sono proiettati sulla parete del bolo; la parte liquida è scaricata in continuo da diaframmi posti sulla parte distale cilindrica. I solidi vengono raccolti dalla vite senza fine e convogliati verso la parte conica, ad un certo punto emergono dal battente di liquido e sono esauriti, sempre per effetto della forza centrifuga e della coclea, per venire in fine scaricati. La zona di esaurimento dei solidi prende il nome di spiaggia.

22) **Descrivere gli evaporatori**

L'evaporazione è un'operazione di concentrazione che serve ad eliminare parte del solvente presente in un prodotto che è un liquido. Normalmente solvente è acqua ma si usano anche solventi apolari idroalcolici. Insieme al solvente si eliminano altre sostanze volatili come aromi, oli essenziali o composti volatili solforati. Allontanamento del solvente avviene per ebollizione quindi in condizioni di temperatura e pressione che caratterizzano il passaggio di stato. L'obiettivo della **concentrazione** per evaporazione dei prodotti alimentari è duplice:

- ridurre il volume del prodotto, e conseguentemente i costi di stoccaggio, trasporto dei prodotti liquidi, confezionamento, ecc;
- assicurare una maggiore conservabilità del prodotto mediante una riduzione del livello di disponibilità dell'acqua (umidità relativa o attività dell'acqua). Per alcuni prodotti è possibile ottenere una sufficiente stabilità se il tenore in solidi osmoticamente attivi raggiunge livelli sufficientemente elevati da rallentare la crescita microbica e le degradazioni chimico-fisiche (ad es. concentrati di succhi di frutta, marmellate).

Ogni impianto deve avere uno scambiatore di calore, un separatore, un condensatore, e una pompa da vuoto.

23) **Differenza tra tubi corti e tubi lunghi negli evaporatori**

Negli evaporatori a tubi corti si ha un impianto continuo. L'evaporatore dispone di tubi corti (diametro ca 5-10 cm, h ca 2 m) i quali costituiscono gli scambiatori di calore: in essi avviene lo scambio tra steam da un lato e il prodotto che bolle dall'altro lato. Lo steam scorre all'esterno dei tubi, mentre il prodotto da concentrare circola naturalmente al loro interno. Il prodotto che riempie i tubi piccoli riceve calore dal vapore di riscaldamento, bolle e il vapore che si forma viene aspirato verso l'alto, trascinando il prodotto in modo ascendente: il vapore che si forma è richiamato verso il separatore, il condensatore e poi verso la pompa da vuoto. Il vapore quindi sale attraverso i tubi e salendo trascina con sé il prodotto: la circolazione è naturale perché il prodotto risale dai tubi perché è trascinato dal vapore che si forma e che viene richiamato dal sistema del vuoto. L'evaporatore non ha uno scambio di calore molto efficiente perché i tubi sono abbastanza larghi e non troppo lunghi, quindi la velocità di circolazione del prodotto è modesta e la superficie specifica di scambio è poco elevata. Perciò i tempi di permanenza nell'impianto sono relativamente lunghi.

Negli evaporatori a tubi lunghi invece lo scambiatore è sempre un fascio tubiero ma stavolta i tubi sono lunghi (5-7 m) e di diametro più sottile (3-5 cm). Lo scambio termico è maggiore perché la superficie di scambio termico è maggiore e la quantità di prodotto a contatto con le superfici di scambio è più piccola quindi si ha una superficie di scambi termico specifica è maggiore. In questo caso lo scambio termico è più efficiente, l'evaporazione è più veloce. Si tratta di un evaporatore a **film ascendente**: il succo (prodotto) circola naturalmente all'interno dei tubi trascinato dal vapore: se il vapore sale, questo trascina il prodotto con sé lungo i tubi. Per poter risalire i tubi i prodotti non devono essere troppo viscosi, dunque questo impianto è adatto per trattare prodotti che non hanno un'eccessiva viscosità. Si tratta di uno scambio termico più efficiente e con tempi di permanenza inferiori rispetto all'evaporatore a tubi corti.

24) **meccanismi di ritenzione dei solidi**

In base al meccanismo di ritenzione dei solidi si possono distinguere due modalità di filtrazione:

- **filtrazione di superficie**
- **filtrazione di profondità**

Nella **filtrazione di superficie** (detta anche **filtrazione di rifiuto/esclusione**), i solidi sono trattenuti sulla superficie del mezzo filtrante a causa delle dimensioni dei pori, che non consentono il loro passaggio. In questo tipo di filtrazione i solidi della sospensione sono più grossi dei pori del mezzo filtrante (poroso) e quindi vengono trattenuti da esso, mentre i solidi di dimensioni minori e la fase continua lo attraversano.

Si tratta dunque di un semplice **meccanismo di setacciamento**: le particelle con dimensione superiore a quella dei pori sono trattenute, mentre quelle con dimensioni inferiori attraversano il mezzo filtrante insieme al filtrato.

Nella **filtrazione di profondità** le particelle hanno normalmente una dimensione inferiore a quella dei pori (che non hanno dimensioni omogenee), ma sono comunque trattenute all'interno delle porosità del mezzo con meccanismi diversi.

La distinzione tra filtrazione di superficie e di profondità è fondamentalmente teorica, in quanto i due meccanismi di ritenzione spesso coesistono. Ad esempio, nelle filtrazioni di profondità alcune particelle, soprattutto quelle più voluminose, sono trattenute alla superficie del mezzo filtrante, mentre nei filtri di superficie le particelle più piccole possono venire trattenute all'interno dello strato filtrante.

Nonostante ciò è possibile identificare alcune tipologie di filtrazione con il meccanismo di ritenzione prevalente:

- la **microfiltrazione su membrana** può essere con buona approssimazione identificata con una **filtrazione di superficie**. La membrana utilizzata in una microfiltrazione è molto sottile;
- la **filtrazione su cartone o su prepanello** rappresenta una **filtrazione di profondità** in cui il cartone (o prepanello) costituisce uno strato spesso con una profondità variegata e i solidi sono separati dentro al cartone (o prepanello), non sulla sua superficie.

La **filtrazione con deposito** costituisce un tipo di filtrazione più complesso e differenziato, che comprende entrambi i meccanismi di ritenzione dei solidi.

In una filtrazione con deposito il mezzo filtrante sono i solidi, i quali si depositano sul supporto di filtrazione formando uno strato, cioè una torta o un pannello, che costituisce il vero mezzo filtrante. I solidi fini si fermano all'interno del deposito mentre i solidi grossi si stratificano in superficie, perciò si tratta di una filtrazione sia di superficie che di profondità.

Il vero mezzo filtrante è lo strato di solidi che si depositano.

Il meccanismo di ritenzione dei solidi prevalente e la tipologia di processo e di impianto utilizzati consentono di distinguere le seguenti tipologie di filtrazione:

- **filtrazione su membrana**
- **filtrazione di profondità**
- **filtrazione con deposito**
- **filtrazione ad alluvionaggio**

25) **Le modalità di risparmio energetico nell'evaporazione**

Compressione meccanica del vapore: Un primo sistema di recupero è quello di recuperare il vapore prodotto dall'ebollizione della soluzione da concentrare, di aumentare la sua entalpia mediante una compressione meccanica e di utilizzarlo come vapore di riscaldamento.

In pratica il vapore liberatosi dal prodotto in concentrazione viene inviato ad un compressore; la compressione meccanica del vapore comporta un aumento della sua pressione e della sua temperatura. Poiché il vapore in uscita dal compressore è surriscaldato, e spesso ha una temperatura più elevata di quella che si desidera nello scambiatore di calore, il vapore compresso viene raffreddato fino ad avere la temperatura prevista nell'impianto. Infatti l'utilizzo di vapore di riscaldamento a temperature troppo elevate può causare danno termico del prodotto dovuto a surriscaldamento in prossimità della parete e fenomeni di fouling. Per poter essere utilizzato come vapore di riscaldamento, il vapore deve essere privo di sostanze corrosive e di altre impurità che possono sporcare o danneggiare le superfici dello scambiatore di calore.

Termocompressione: La termocompressione consiste nel recupero parziale del vapore prodotto nell'ebollizione, che viene miscelato a del vapore vivo ad alta pressione (mss) per ottenere un vapore con l'entalpia desiderata (alla temperatura desiderata). In pratica il vapore di riscaldamento che si alimenta nell'evaporatore è costituito da una miscela di vapour (mv) e di mss; la miscela costituisce lo steam di riscaldamento (ms).

La termocompressione è tanto più efficace quanto è più basso il θ tra vapour e steam.

Il dispositivo normalmente utilizzato per ottenere la termocompressione del vapore è l'**eiettore**.

L'eiettore è costituito da un ugello che produce un getto di vapore vivo a velocità supersonica, in cui l'energia potenziale (pressione) del vapore è convertita in energia cinetica. Il vapore di riciclo viene aspirato intorno a questo getto.

Vapore vivo e vapore di riciclo si miscelano poi nella sezione convergente del tubo di venturi dove vengono

completamente miscelati nella sezione minima. Nella zona divergente del tubo di venturi l'energia cinetica del vapore viene nuovamente convertita in pressione e si ottiene il vapore di riscaldamento che viene alimentato nell'evaporatore.

Altri sistemi di risparmio energetico

- Il prodotto da concentrare viene preriscaldato per scambio indiretto con il concentrato uscente o con il vapore proveniente dal separatore
- Recupero delle condense, che sono costituite da acqua a temperatura media o alta a seconda degli effetti. La condensa del I effetto, proveniente dal vapore vivo è costituita da acqua pura (distillata), e viene generalmente riciclata alla caldaia che produce vapore; si ha recupero energetico corrispondente al calore sensibile posseduto dalla condensa e si elimina l'esigenza di addolcire o deionizzare l'acqua alimentata in caldaia. Questo non è generalmente possibile per condense che provengono dagli effetti successivi, poiché contengono delle impurezze.

26) Sterilizzatore di tipo idrostatico

È utilizzato per la sterilizzazione del latte, viene in generale usato per i prodotti imbottigliati. La sterilizzazione avviene dentro una camera di vapore che ha la sua pressione controbilanciata da 2 colonne d'acqua che svolgono una duplice funzione: una preriscalda il prodotto in fase di alimentazione mentre l'altra lo raffredda una volta avvenuta la sterilizzazione. Si possono avere percentuali di recupero di calore del 70-75%; il ciclo dura circa 1,5-2 ore. Il fatto di avere le due colonne che scaldano e raffreddano permette di non avere praticamente shock termico, inoltre essendo limitata la dispersione di vapore si ha un buon rendimento del ciclo termico.

27) Metodo di estrazione e fare esempi su prodotti in ambito alimentare

L'estrazione solido-liquido ha come obiettivo l'estrazione di un soluto disperso in una matrice solida inerte (cioè senza affinità per il soluto) attraverso l'utilizzo di un solvente liquido.

In pratica, il soluto che si trova in fase dispersa dentro ad una matrice solida viene messo in contatto con un solvente nel quale si solubilizza. Il solvente contenente il soluto viene quindi separato dai solidi inerti e successivamente viene allontanato, in modo da ottenere il soluto puro.

I fenomeni che avvengono nel corso di un'estrazione solido-liquido sono i seguenti:

- il solvente penetra nei solidi, imbibendoli completamente.
- il soluto disperso nei solidi si scioglie nel solvente che imbibisce i solidi. Dentro ai solidi si forma quindi una soluzione concentrata di soluto.
- il soluto diffonde dalla soluzione concentrata verso il resto del solvente, che presenta una concentrazione più diluita, fino a che si raggiunge l'equilibrio di concentrazione. In questa fase il fenomeno è regolato dalla legge della diffusione (legge di Fick).

Le applicazioni principali dell'estrazione solido-liquido nelle tecnologie alimentari sono le seguenti:

Oli vegetali:	<i>solido:</i> costituenti solidi dei semi oleaginosi <i>soluto:</i> olio <i>solvente:</i> solventi organici, soprattutto esano
Zucchero (di barbabietola o di canna):	<i>solido:</i> costituenti solidi dei tessuti saccariferi <i>soluto:</i> saccarosio <i>solvente:</i> acqua
Enocianina:	<i>solido:</i> bucce d'uva <i>soluto:</i> antociani <i>solvente:</i> soluzione acquosa di SO ₂
Estratti aromatici:	<i>solido:</i> parti solide di piante officinali (foglie, fiori, radici, frutti, ecc.) <i>soluto:</i> varie sostanze chimiche <i>solvente:</i> acqua o alcool etilico e miscele
Infusi (thè, caffè, ecc.):	<i>solido:</i> parti solide di semi tostati, foglie <i>soluto:</i> varie sostanze solubili, aromatiche, sapide, ecc.. <i>solvente:</i> acqua (calda)

Estrazione di olio da solidi. L'olio si può estrarre a solvente oppure per mezzo di processi fisici, essenzialmente per pressione.

Si inizia con la molitura delle olive, in cui si spremono le olive e fuoriesce una fase liquida composta da olio e acqua: questa verrà separata tramite un processo di decantazione oppure di centrifugazione.

E' anche possibile applicare la filtrazione con filtri che sfruttano la tensione superficiale di fase oleosa e acquosa in modo che soltanto una fase, ovvero l'olio, aderisca al filtro di metallo e l'acqua venga respinta. Si tratta di una separazione che sfrutta la tensione superficiale di 2 fasi liquide, perciò non è una vera e propria filtrazione.

L'estrazione con solvente sfrutta invece un sistema chimico: prima di tutto le olive vengono estratte con sistemi fisici e poi infine chimici.

Il solvente si applica su prodotti solidi i cui soluti non sono estraibili per mezzo di un sistema fisico, ad esempio, alcune oleaginose contengono una piccola quantità di olio, ma è possibile spremerle per estrarne l'olio.

L'estrazione di olio dai solidi che lo contengono per mezzo del solvente si usa essenzialmente per prodotti come i semi, non con arachidi o olive.

I solventi che vengono impiegati per solubilizzare l'olio sono solventi organici es. esano, che deve essere eliminato alla fine: bisogna poi desolventizzare il prodotto (come avviene sempre se si utilizzano solventi organici), il che corrisponde all'allontanamento del solvente che poi si purifica e si riutilizza.

Estrazione di zucchero da barbabietola da zucchero o da canna da zucchero. Il solvente in questo caso è l'acqua: si parte da una soluzione con saccarosio, la quale viene concentrata per ottenere il saccarosio tramite l'evaporazione dell'acqua. Durante l'evaporazione l'acqua si allontana sotto forma di vapore e il saccarosio cristallizza.

Estrazione di enocianina dalle bucce di uva nera. L'enocianina è un colorante alimentare per la cui estrazione si usano soluzioni acquose acidificate che facilitano dissoluzione degli antociani e la prevenzione dall'ossidazione di questi.

Estrazione di aromi da frutta o da fiori. Si utilizzano delle miscele alcoliche perché hanno una polarità intermedia e assorbono bene gli aromi.

Estrazione di infusi da thè o caffè. Per quest'operazione si usa dell'acqua bollente, con la quale è possibile estrarre teina, polifenoli di varia natura (più o meno ossidati e fermentati) e aromi: acqua fredda e acqua calda hanno effetti solubilizzanti diversi.

Lo stesso processo può applicare anche nel caso del caffè per l'estrazione di caffeina, aromi, ecc. In un'estrazione con solvente, il soluto rappresenta il prodotto di interesse che si vuole estrarre e il solvente è sempre un solvente liquido. In alcuni processi si adoperano solventi gas supercritici, ovvero dei gas a temperatura e pressione così elevate in cui non si trovano più in stato gassoso, ma in stato supercritico, una condizione in cui i gas hanno proprietà intermedie tra quelle del solido e quelle del liquido e per questa caratteristica sono in grado di estrarre bene (es. caffeina da caffè). Il soluto si scioglie nel solvente, che è selettivo per il soluto (solo il soluto si scioglie nel solvente), perciò alla fine del processo si ottengono dei solidi impoveriti di soluto, che è stato eliminato con il solvente. I fenomeni di trasporto di materia descritti da equazione di Fick.