

tecnologia dell'ESSICCAMENTO

versione#B2 - Prof.A.Tonini – www.andytonini.com

INDICE [PRINCIPI](#) - [BILANCI](#) - [MULTISTADIO](#) - [TIPOLOGIE](#) - [APPARECCHIATURE](#) - [DISEGNO](#) - [APPENDICI](#) - [LIOFILIZZAZIONE](#) -

1 - GENERALITA':

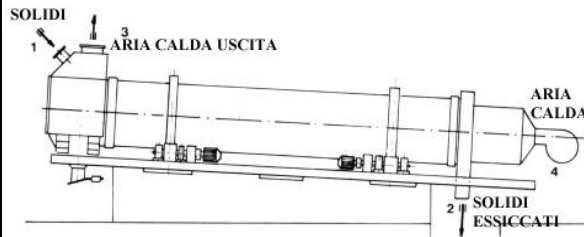
L'essiccamento è una operazione unitaria in cui un liquido (acqua o solventi) viene allontanato da un solido per evaporazione verso un mezzo gassoso opportuno reso essiccativo (operazione solido-gas): è un **trasferimento di energia e massa**. Quando avviene a basse T si parla di **liofilizzazione**. [\[APPENDICE\]](#)

USI: riduzione volume/peso di materiale, operazione di finissaggio prima di confezionamento e immagazzinamento; stabilizzazione di materiale; per materiali ind. detergenti fertilizzanti farmaci alimenti, polimeri pelli tessuti legno carta.

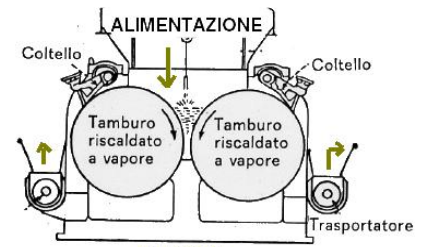
■ MODALITÀ di trasferimento di calore al solido

- caso essiccamento per riscaldamento:

- **ESSICCAMENTO DIRETTO:** si usa aria calda a basso contenuto di umidità (essiccativa), a **contatto** diretto con il solido da essiccare; in alternativa all'aria si può usare gas inerti, o anche vapore surriscaldato, o fumi di combustione;
- **ESSICCAMENTO INDIRETTO:** il calore viene trasmesso al solido attraverso una **superficie** di separazione calda; questa tecnica può essere vantaggiosa quando il vapore del liquido separato dal solido deve essere recuperato (solventi), o per materiali sotto forma di polveri. Per il riscaldamento può essere utilizzato vapore, fumi di combustione o resistenze elettriche, ecc.;
- **ESSICCAMENTO A ENERGIA RADIANTE:** il calore viene fornito per irraggiamento;
- **ESSICCAMENTO A MICROONDE** (specie in campo farmaceutico).



ESSICCATORE A TAMBURO - diretto



ESSICCATORE A CILINDRO - indiretto

■ FATTORI CHE INFLUENZANO L'ESSICCAMENTO:

- per il **SOLIDO:** temperatura alta (e differenza di temperatura tra mezzo essiccante e materiale da essiccare); tipo di solido e superficie di contatto (pezzatura, polveri grani [possibili perdite di materiale], struttura cristallina amorfa fibrosa [di difficile essiccamento]); sensibilità a temperatura; quantità di umidità; movimentazione del solido; da soluzioni, probl. viscosità.
- per il **GAS ESSICCANTE:** temperatura alta, umidità relativa Urel. bassa, velocità v gas alta; pressione bassa;

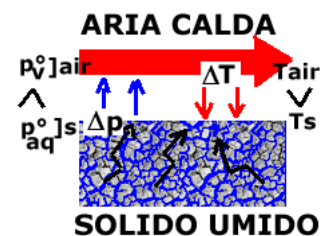
■ PRINCIPI DI ESSICCAMENTO DEI SOLIDI:

Quando un solido umido è posto a contatto con aria, si possono verificare i seguenti casi:

- **UMIDIFICAZIONE:** → se $[p_{VAP}]_{GAS} > [p^{\circ}_{H_2O}]_{SOL}$; la press. parziale del vapore contenuto nell'aria è superiore alla tensione di vapore dell'acqua del solido, alla temperatura a cui si trova il solido, → si ha trasferimento di acqua dall'aria al solido, tramite condensazione del vapore.



- **ESSICCAMENTO:** → se $[p_{VAP}]_{GAS} < [p^{\circ}_{H_2O}]_{SOL}$; la press. parziale del vapore è inferiore alla tensione di vapore dell'acqua del solido a quella T; → si ha un trasferimento dell'acqua dal solido all'aria. L'aria essiccante solitamente ha $T_{air} > T_{solido}$ e $U_{rel}\%$ bassa: fornisce calore di riscaldamento e vaporizzazione dell'acqua nel solido; ci sono quindi 2 meccanismi contemporanei = trasporto di **calore** [gas→solido, causa ΔT , e di **massa** [solido→gas], causa Δp ; (N.B.: nel diagr. igrometrico l'essiccamento avviene con una trasformazione lungo la retta di raffreddamento adiabatico).



■ UMIDITÀ nei SOLIDI - essenzialmente in due forme:

- umidità **libera**, presente nei **pori** del Solido, può trasferirsi da (e verso) il solido, con $tens.vap. (p^{\circ}_{H_2O})_S = p^{\circ}_{H_2O}$ a quella T;
- umidità **legata**, adsorbita da solido in **superficie** o negli spazi interni **capillari**, combinata chimicamente e/o tenuta con legami intermolecolari; risulta $(p^{\circ}_{H_2O})_S < p^{\circ}_{H_2O}$ a quella T; più difficile da allontanare.

TIPI DI SOLIDI	PRESENZA DI ACQUA	ESEMPI	ESSICCAMENTO
S. IGROSCOPICI	LIBERA + LEGATA	CARTA LEGNO TESSUTI (seta...)...	difficile
S. NON IGROSCOPICI	LIBERA	CERAMICHE MINERALI ALCUNI POLIMERI SABBIE...SOSTANZE CRISTALLINE..	completo
S. COLLOIDALI	LEGATA	SAPONI COLLE FIBRE POLIMERI(nylon...)...	difficile

Nelle sostanze **cristalline**, caratterizzate da un basso contenuto di umidità all'equilibrio, l'acqua è situata in pori superficiali aperti o negli spazi interstiziali tra i cristalli ed è perciò eliminata velocemente. L'acqua di cristallizzazione è invece molto difficile da eliminare.

Nelle sostanze **amorphe** o fibrose o gelatinose, caratterizzate da un elevato contenuto di umidità all'equilibrio, l'acqua è contenuta in piccoli capillari e piccoli pori interni: queste sostanze (es. caseina, idrossido di alluminio) sono molto più difficili da essiccare rispetto a quelle cristalline.

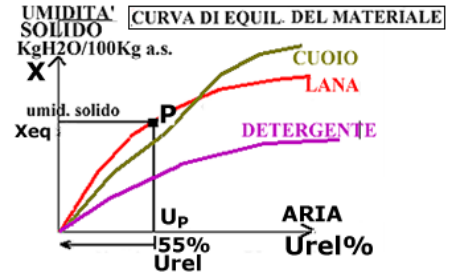
■ CURVE DI ESSICCAMENTO E DIAGRAMMI

I processi di essiccamento presentano delle caratteristiche comuni descritte dalle curve di essiccamento, ricavate da prove sperimentali a T diverse su vari materiali.

Ponendo a contatto un solido umido con aria a umidità relativa **Urel%** costante, a T costante, l'acqua libera [acqua non legata] del solido **evapora** fino a un valore di **equilibrio costante** → **Xeq**; (con $X = m_{H_2O} / m_{S,SEC}$).

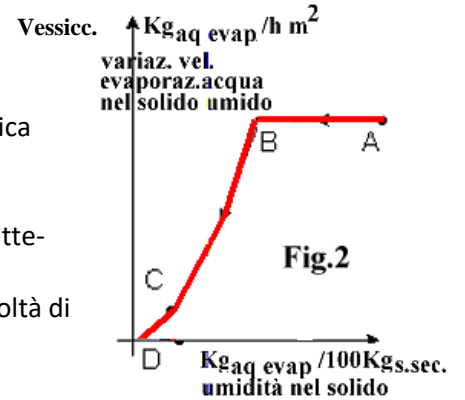
► **Fig.1:** curve di **umidità di equilibrio** solido (S)/Gas, caratteristiche per ogni materiale, p.es. al p.to (P) si ha Xeq con Ur=55% gas costante:

→ si ha **essiccamento** se umidità **Xsolido > Xeq** [$\Delta X = X_s - X_{eq} > 0$] e aria di umidità **Urel % < equil. U_p**; si ha umidificazione se $X_s < X_{eq}$;



► **Fig.2:** curva di **velocità di essiccamento**: la curva rappresenta la velocità di essiccamento in funzione dell'umidità associata al solido secco.

- (A) - condizioni stazionarie di inizio processo; $T_{sol} \cong T_{BU}$ aria essiccante;
- (A-B) - velocità di evaporazione costante; dalla superficie all'aria, e dall'interno (pori, capillari) per diffusione verso la superficie; $T_{sol} = \text{costante}$, aria si raffredda e si umidifica adiabaticamente (calore ceduto \cong calore acquistato).
- (B-C) - velocità di essiccamento diminuisce, per la diminuzione della superficie complessiva dell'interfase acqua-aria e difficoltà di diffusione dall'interno (zone asciutte-bagnate); T_{sol} aumenta perchè il calore ceduto dall'aria > calore di evaporaz. liquido.
- (C-D) - T_{solido} aumenta ancora; diminuzione vel.essiccamento causa maggiori difficoltà di diffusione dell'acqua all'interno del solido verso la superficie.
- (D) - termine dell'essiccamento: umidità del solido al valore di equilibrio.

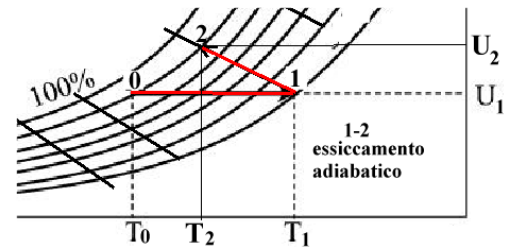


[INDICE]

2) BILANCI DI MATERIA ED ENERGIA per ESSICCAMENTO

2.1) ESSICCATORE MONOSTADIO (adiabatico)

I bilanci di energia e materia servono per calcolare la portata di aria da inviare, (vedi diagramma e schema essiccatore B).



----**BILANCI DI MATERIA:**

(0-1): preriscaldamento **aria** per renderla **essiccativa** (→bil.energia)

(1-2): **essiccamento** del solido umido [**umidificazione** dell'aria];

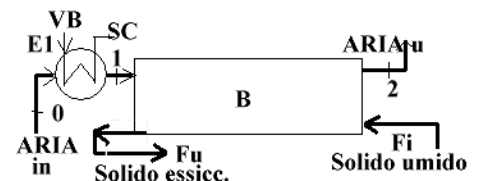
[posto per il solido i=ingresso; u=uscita]

bilancio: **Facqua assorbita da aria = Facqua ceduta dal solido:**

$$F_{aq} = G_{a.s.}(U_2 - U_1) = F_i X_i - F_u X_u \quad \text{oppure} \quad F_{aq} = G_{a.s.}(U_2 - U_1) = F_{SEC}(X^*_i - X^*_u)$$

F_i/u = solido **umido** Kg/h in ingresso/uscita
 X_i/u = umidità % peso di solido ingresso/ uscita
 $G_{a.s.}$ portata aria secca Kg/h
 U = umidità assolute Kg_{VAP}/Kg_{A.S.}

F_{SEC} = solido **secco** Kg_{S,SEC.}/h
 X^*_i/u = umidità di solido ingr./uscita, come Kg_{H2O}/Kg_{S,SEC.}



noti: $T_0 T_1 T_2$; $F_i X_i X_u$; $U_1 U_2$; → **si determina Fu; e l'incognita Ga.s.**

La portata **G** di **aria umida** da preriscaldare (nel p.to 0) e rendere essiccativa è data da:

$$G_{a.u.} = (G_{a.s.}) \times (\text{Vol umido}) \quad \text{in m}^3/\text{h} \quad \text{oppure} \quad G_{a.u.} = G_{a.s.} + G_{a.s.} \times U \quad \text{in Kg/h}$$

----**BILANCI DI ENERGIA:**

a) quantità di calore necessario per rendere l'aria essiccativa in **E1** (vedi diagr. p.ti 0-1):

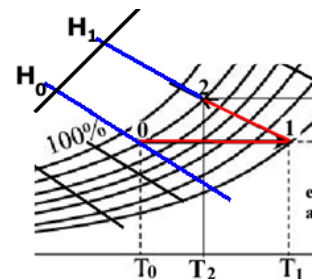
$$\rightarrow Q_{E1} = G_{a.s.} \times (H_1 - H_0) = F_{VB} \times \lambda_{evap} \quad [\text{kW}], \quad \text{da cui ricavare } Q_{E1} \text{ e anche } F_{VB}, \text{ noti dal diagr. i}$$

valori di H_0 e H_1 entalpie specifiche e λ_{vap} .riscaldam. per E1;

[anche $Q_{E1} = G_{a.s.} \times c_u (T_1 - T_0)$ kW con c_u cal.specif. aria umida per aria nelle condizioni (0)]

b) bilancio termico dell'essiccatore **B:**

$F_{SEC} c_m (T_u - T_i)$	+	$F_{SEC} (X_i - X_u) [c_{H_2O} (T_1 - T_2) + \lambda]$	=	$G_{a.s.} c_u (T_1 - T_2)$
calore assorbito da solido		calore assorbito da H ₂ O (riscaldam.+evaporaz)		calore ceduto dall'aria



[INDICE]

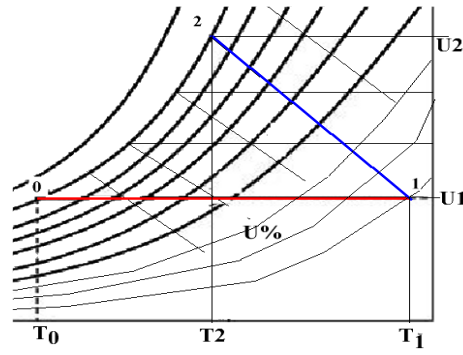
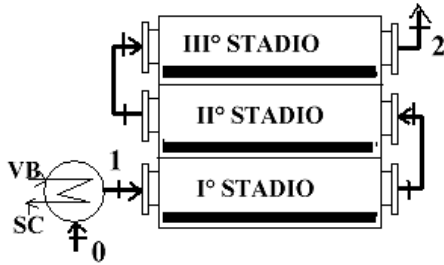
2.2) ESSICCATORE MULTISTADIO (adiabatico)

Impiegato per quantità di materiale da essiccare notevoli, con esigenza in contemporanea di risparmio di energia. Gli essiccatori impiegati sono del tipo ad ARMADIO a RIPIANI fissi/mobili, a TUNNEL, a più TAMBURI.

Schemi multistadio (3 stadi) con unico riscaldamento e con riscaldamenti intermedi tra stadi (vedi diagr igrometrico):



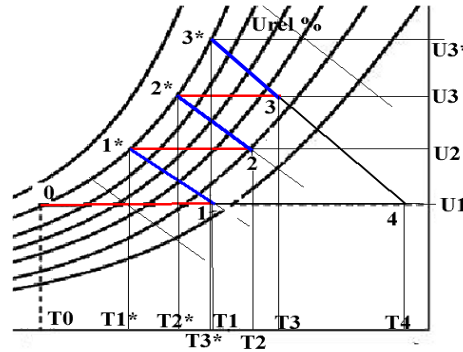
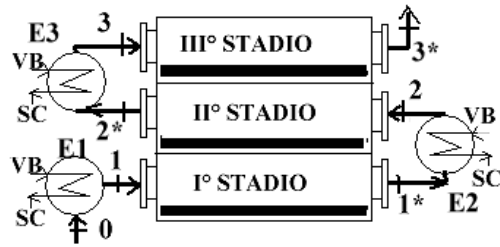
1° CASO: UNICO RISCALDAMENTO dell'ARIA



a) 1 riscaldamento iniziale:

soluzione più semplice dal punto di vista impiantistico, ma con problemi per il materiale, sottoposto nel primo piano a shock termico notevole rispetto all'ultimo, e che richiede il raggiungimento di temperature di preriscaldamento molto elevate, con spesa energetica notevole.

2° CASO: RISCALDAMENTO TRA STADI



b) riscaldam.iniziale e tra stadi:

soluzione più costosa dal punto di vista impiantistico, richiede un ulteriore riscaldamento tra stadi, per ripristinare condizioni di essiccabilità nell'aria, ma non risulta, come il caso precedente, shock termico, anzi le temperature raggiunte sono più basse (inferiori a T4, come caso (a) precedente),

N.B.: è dimostrabile che la quantità totale di calore richiesta nei riscaldatori E1,E2,E3, risulta inferiore al caso precedente (solo E1). Nel caso di multistadio con riscaldamenti intermedi, per esigenze economiche, si fanno le seguenti ipotesi:

- in ogni stadio venga sottratta da parte dell'aria la stessa quantità di **umidità** del solido (intervallo U3* - U1 suddiviso in tre parti uguali, se a tre stadi);
 - l'aria in **uscita** da ogni stadio abbia la stessa umidità **relativa** (i punti 1*,2*,3* sono sulla stessa curva a Urel%).
- [vedi a parte documento [esercizi](#)]

[[INDICE](#)]

3) TIPOLOGIE DI APPARECCHIATURE DI ESSICCAMENTO:

TIPI DI ESSICCAMENTO:

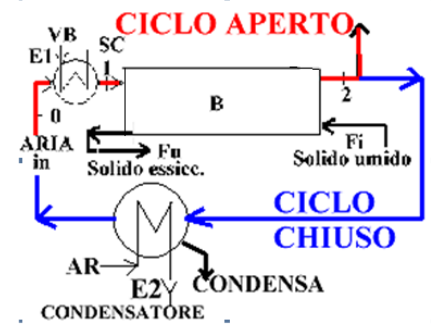
A CICLO APERTO

l'aria viene preriscaldata in E1, resa essiccata (0-1), quindi inviata all'essiccatore B, da cui esce umida (1-2), e viene scaricata all'esterno; è il caso più semplice, meno costoso, utile nel caso di solido da essiccare contenente liquido acquoso.

A CICLO CHIUSO

l'aria viene preriscaldata in E1, resa essiccata (0-1), quindi inviata all'essiccatore B, da cui esce umida (1-2), e viene inviata al condensatore E2, che separa il liquido dall'aria (2-0); l'aria quindi viene ricircolata al preriscaldatore E1.

Questo sistema (ciclo chiuso) permette di usare gas essiccativi anche pregiati (azoto,...) e permette il recupero delle condense, importante nel caso che il solido da essiccare sia impregnato di solventi o sostanze che non possono essere scaricate all'esterno, e che sia economico reimpiegare.



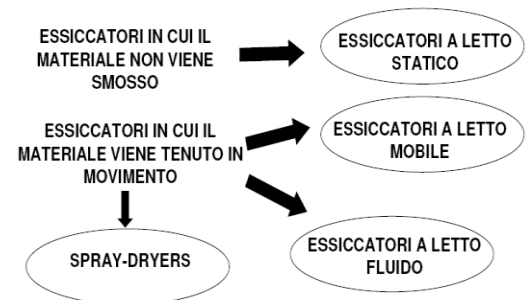
CLASSIFICAZIONE APPARECCHIATURE:

- ▶ ESSICCATORI CONTINUI - DISCONTINUI
- per modalità di trasferimento del calore si hanno:
 - ▶ ESSICCATORI A CALORE DIRETTO (CONVEZIONE)
 - ▶ ESSICCATORI A CALORE INDIRETTO (CONDUZIONE)

ALTRA CLASSIFICAZIONE [stato di **movimento** o riposo] VEDI figura a lato:

ANNOTAZIONI:

- metodi di **prima generazione**: basati essenzialmente su trasporto **convettivo** del calore; ancora largamente in uso (tradizionali); tipi di apparecchiature: ad armadio/ripianti, a nastro trasportatore, a tamburo, a letto mobile e statico.
- metodi di **seconda generazione**: a **spruzzo** (*spray drying*), disidratazione per **conduzione** termica su superfici riscaldate di tamburi rotanti; sono alternativi ai metodi convettivi utilizzando letti fluidi o forni ventilati.
- metodi di **terza generazione**: **liofilizzazione** e essiccamento per osmosi; successo nell'industria alimentare in quanto configurati come trattamenti miti, in grado cioè di operare a basse temperature riducendo i fenomeni termodegradativi.
- metodi di **quarta generazione**: processi assistiti da **microonde** e/o da radiofrequenze, anche combinati a tecniche convettive (**letti fluidi, sotto vuoto**); processi in applicazione in ambito farmaceutico, alternativa ai convettivi a letti fluidi e ventilati.



[[INDICE](#)]

APPARECCHIATURE PRINCIPALI – vedi anche **appendice** -

Prof.A.Tonini

A) ESSICCATORE AD **ARMADIO-RIPIANI** [e a **TUNNEL**]- A VENTILAZIONE

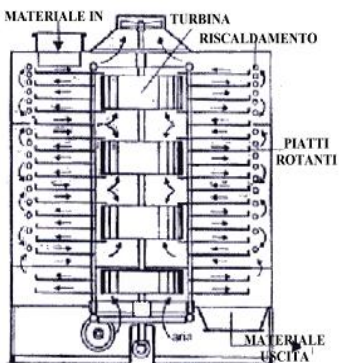
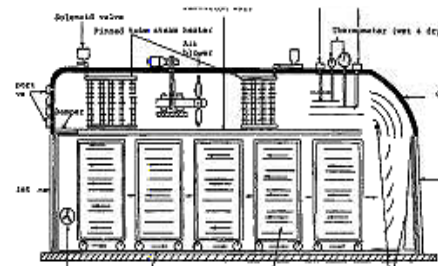
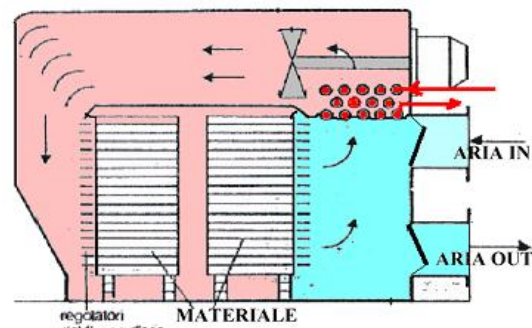
FORZATA: tipo statico – diretto – discontinuo – mono/multistadio

sono essiccatori **statici**, usati nell'industria farmaceutica ceramica laterizi e alimentare, costituiti da [grandi] armadi metallici, o camere, dove il materiale posto su ripiani viene essiccato da aria calda circolante che viene scaldata da resistenze elettriche o da vapore che circola in tubi. Il materiale da essiccare viene disposto in strato sottile su ripiani o vassoi sovrapposti; la circolazione dell'aria tra i vassoi e' forzata da aperture praticate nelle pareti e puo' essere resa piu' efficiente da un ventilatore che ne aumenta la velocita'.

Questi essiccatori possono essere realizzati in varianti a tunnel con carrelli mobili, tipo semicontinuo in equi/controcorrente.

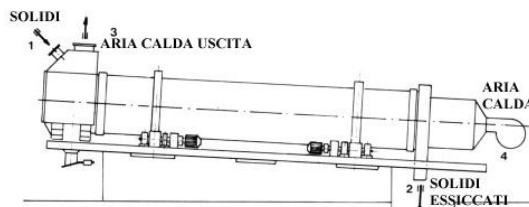
Caratteristiche: efficienza di essiccamento limitata, con tempi alti e temperature non uniformi; dipende dalla velocità del flusso gassoso, dalla superficie della sostanza da essiccare, dalla differenza di temperatura tra aria e solido; possibili perdite di materiale se polveri; ingombranti, con temperature non uniformi, bassa efficienza termica.

ESSICCATORE A TUNNEL →



B) ESSICCATORI A **TURBINA** - mobile - diretto

permette l'essiccazione continua in letto **mobile**; è costituito da una serie di vassoi ad anello rotanti molto lentamente sistemati uno sull'altro. L'aria calda spinta da varie turbine e da turbinette centrali circola tra i vassoi; dall'alto il materiale umido viene caricato sul primo vassoio e dopo 7-8 giri viene scaricato nel vassoio immediatamente sottostante, con percorso alternato centro-periferia da un piano all'altro; il processo si ripete finché il materiale non arriva sull'ultimo vassoio e viene scaricato, completamente essiccato, all'esterno.



C) ESSICCATORI A **TAMBURO ROTANTE**

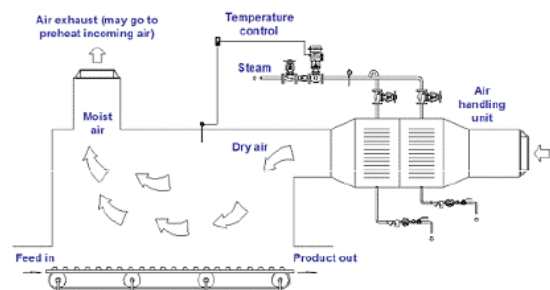
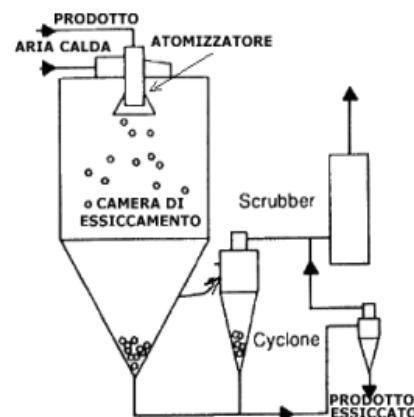
mobile - diretto

E' un essiccatore a letto mobile costituito da un cilindro metallico cavo leggermente inclinato che ruota attorno al proprio asse e munito internamente di setti radiali. Il materiale da essiccare viene introdotto dall'alto e viene mantenuto in

continuo movimento dal movimento del cilindro e dalla presenza dei setti. L'aria calda entra in controcorrente ed essicca il prodotto (in equicorrente per solidi di piccole dimensioni –evitare il trascinamento). Questo tipo di essiccatore non può essere utilizzato per sostanze termolabili od ossidabili. E' possibile anche una struttura a riscaldamento indiretto con tubi interni scaldanti coassiali.

D) ESSICCATORI **SPRAY** – a polverizzazione - (mobile - diretto)

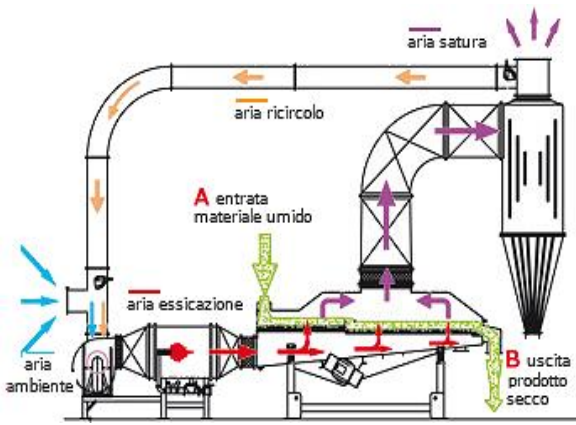
E' il sistema più importante per l'essiccamento di liquidi o molto umidi, nell'ind. chimica ceramica farmaceutica vernici pigmenti, latte, estratti di caffè ed orzo, succhi, lieviti ecc. Il prodotto viene nebulizzato (atomizzatori a ugello o dischi rotanti) in una camera contenente aria calda, a T non molto alte (uso per sost.termolabili), in equi o controcorrente; il mescolamento è completo, on elevata efficienza e velocità di di essiccamento. Nel sistema **a ciclo aperto** si utilizza aria che viene riscaldata e quindi scaricata. Il sistema **a ciclo chiuso** si utilizza invece se i solventi da evaporare sono dannosi per l'ambiente o esplosivi od i prodotti richiedono un gas inerte per l'essiccamento e quindi il fluido essiccante è riciclato. Le polveri escono dalla camera attraverso dei fori, uno sulla parete ed uno sul fondo. L'aria passa in cicloni che recuperano le polveri più fini, quindi in uno "scrubber" in cui viene lavata con acqua ed infine scaricata. La soluzione acquosa viene riciclata.



← E) ESSICCATORI A **NASTRO** (mobile - diretto)

Sono essiccatori molto utilizzati per i prodotti solidi.

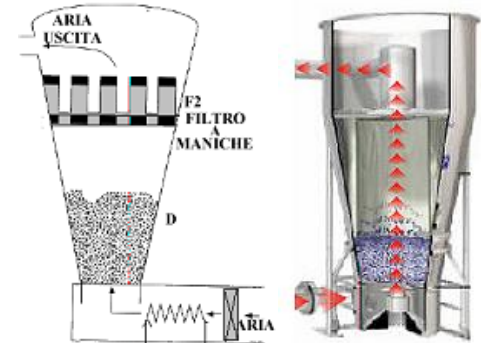
Sono costituiti da nastri sovrapposti o da nastri in sviluppo orizzontale o da un singolo nastro che scorrono all'interno di una camera calda.



F) ESSICCATORI A LETTO FLUIDO ORIZZONTALE (mobile - diretto)

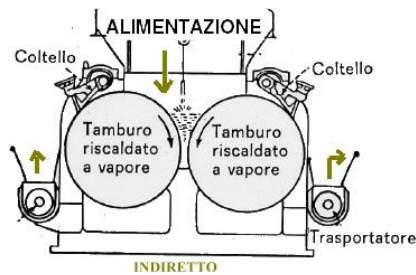
Sono essiccatori a convezione, continui o discontinui adatti per prodotti granulari e grandi quantità; e' costituito da un nastro vibrante perforato che scorre all'interno di una camera. La corrente d'aria calda investe dal basso il prodotto da essiccare e lo tiene in sospensione. Se la velocità è troppo alta le particelle sono trascinate dal flusso, se troppo bassa ricadono. E' molto valido per prodotti termosensibili.

Alta efficienza, contatto diretto aria/solido e velocità di essiccamento. Uso per prodotti chimici farmaceutici biochimici alimentari polimeri derivati del latte.



ESSICCATORI A LETTO FLUIDO VERTICALE (mobile - diretto)

lavorano in modo discontinuo; la capacità' di queste apparecchiature varia da 5 a 200 kg, ed il tempo di essiccamento da 20 a 40 min; hanno grande efficienza e rapidita', particolarmente indicato per materiali termolabili; tutti i parametri di processo (temp. dell'aria, potenza del ventilatore) sono gestiti automaticamente.



G) ESSICCATORI A CILINDRI ROTANTI (indiretto)

Il prodotto viene stratificato sulla superficie di un cilindro rotante riscaldato internamente con vapore, (umidità eliminata per ebollizione). L'acqua evapora e lascia uno strato di prodotto essiccato che viene allontanato mediante coltelli raschiatori. Uso per soluzioni, materiali



pastosi e densi, ind.carta e tessile. Anche sotto vuoto.

L) ESSICCATORI SOTTO VUOTO

Si tratta di essiccatori -evaporatori che lavorano sotto vuoto così da poter utilizzare una temperatura più bassa. E' utilizzato nelle industrie chimiche, farmaceutiche e cosmetiche, e permette di asciugare le masse umide e le paste dense provenienti dai processi di filtrazione e centrifugazione; a tal fine un **essiccatore sotto vuoto** è sempre abbinato all'utilizzo di una **pompa da vuoto**, che consente di aspirare i vapori dei solventi e l'acqua presenti nei prodotti da trattare. Possono essere sia continui che discontinui. Nel caso di essiccatori continui si ha la formazione di schiuma e quindi bisogna evitare da un lato il collasso della schiuma e dall'altro l'indurimento eccessivo che bloccherebbe l'evaporazione.



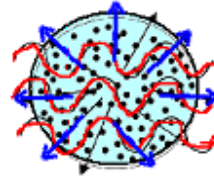
SOTTO VUOTO AD ARMADIO



(cfr.ditta Italtvacuum)

M) ESSICCATORI A MICROONDE:

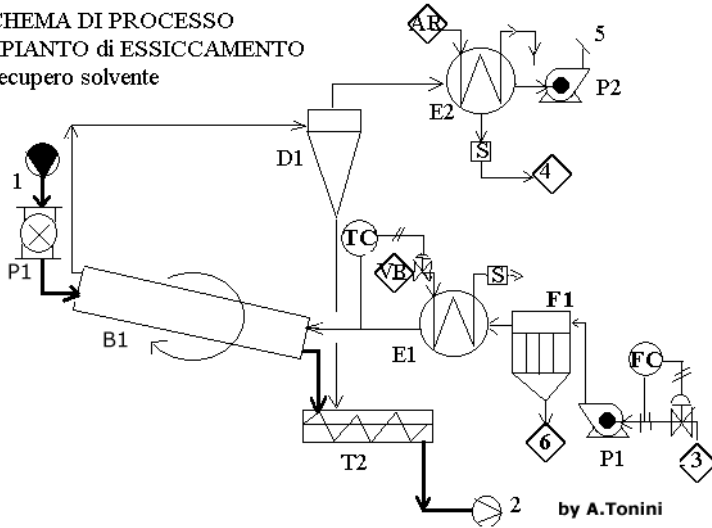
materiale sottoposto a radiazioni elettromagnetiche (915-2450MHz): l'energia cinetica delle molecole di solvente (acqua o altro) aumenta ed esse passano in fase vapore in tutta la massa; evaporazione quindi anche nell'interno, senza surriscaldare la superficie – prestazioni come per E.letto fluido; uso per sostanze polari(acqua e molti solventi organici); alta velocità e selettività.



[[INDICE](#)]

SCHEMI di PROCESSO di ESSICCAMENTO con CONTROLLI PRINCIPALI:

SCHEMA DI PROCESSO
IMPIANTO di ESSICCAMENTO
e recupero solvente

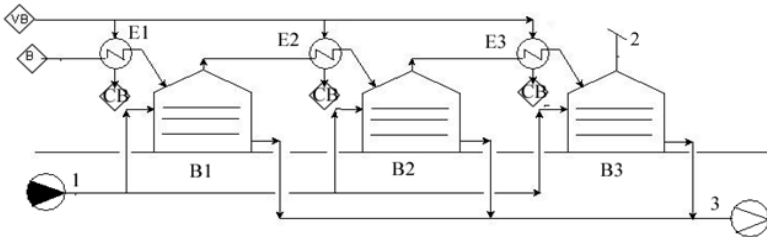


ESSICCATORE A TAMBURO

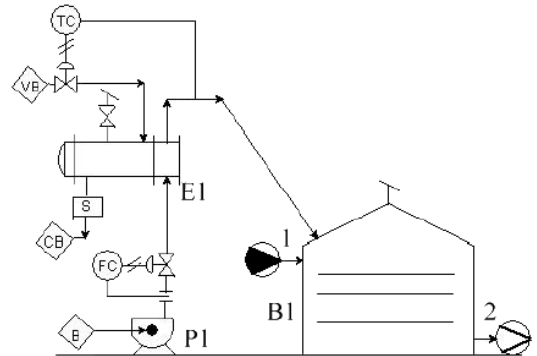
- LEGENDA MATERIALI
 1 MATERIALE UMIDO
 2 MATERIALE ESSICCATO
 3 GAS/ARIA ESSICCANTE
 4 CONDENSA SOLVENTE
 5 GAS USCENTE
 6 POLVERI

- APPARECCHIATURE
 Z1 DOSATORE
 PIROCELLA DOSATORE
 B1 ESSICCATORE A TAMBURO
 T1 TRASPORTATORE SOLIDO
 D1 CICLONE SEPARATORE
 E1 PRERISCALDATORE GAS
 E2 CONDENSATORE
 F1 FILTRO GAS
 P1,2 SOFFIANTI

ESSICCATORI MULTISTADIO A RIPIANI



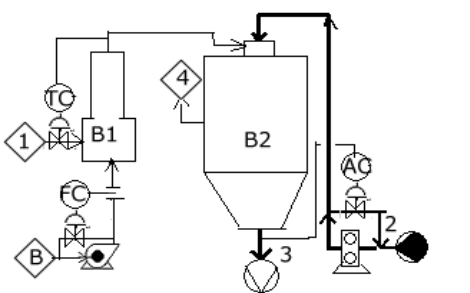
- LEGENDA:
 E1,2,3 RISCALDATORI ARIA
 B1,2,3 ESSICCATORI
 1 SOLIDO IN INGRESSO
 2 ARIA IN USCITA
 3 SOLIDO IN USCITA



ESSICCATORE MONOSTADIO A RIPIANI:

- LEGENDA:
 P1 SOFFIANTE
 E1 PRERISCALDATORE ARIA
 B1 ESSICCATORE
 1 MATERIALE SOLIDO IN INGRESSO
 2 MATERIALE SOLIDO IN USCITA

ESSICCATORE SPRAY



- B1 FORNACE B2 ESSICCATORE
 1 COMBUSTIBILE 2 SOLIDO INGRESSO 3 SOLIDO USCITA
 4 USCITA FUMI

Applications:

SPRAY DRIERS

- Milk Powder
- Whey Powder
- Enzymes
- Catalysts
- Calcium Chloride
- Instant Tea
- Instant Coffee
- Ice Cream Mix Powder
- Polyvinyl Acetate
- Dyes
- Ceramic Slurry
- Magnesium Chloride
- Molasses
- Poly Aluminum Chloride
- Bakers Yeast
- UF Resin
- Fruit Juice Powder
- Protein Hydrolysate
- Egg Powder
- Detergent Powder
- Herbal Products



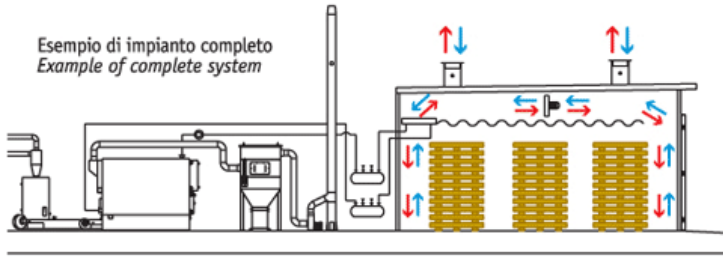
[[INDICE](#)]

APPENDICE

A1 - ESEMPI DI ALTRE APPARECCHIATURE di ESSICCAMENTO:

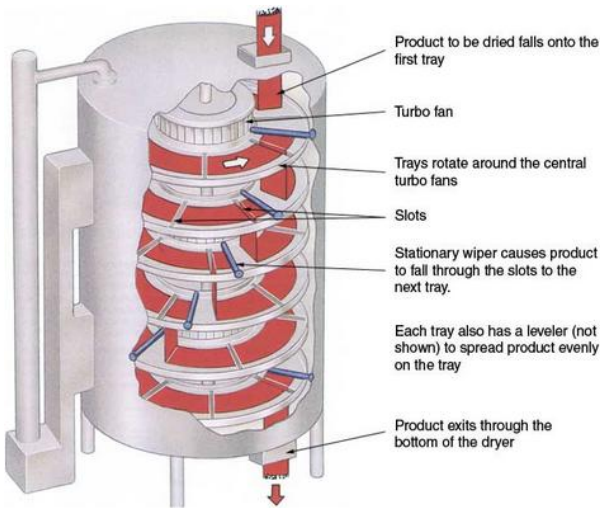
TIPO A TUNNEL

essiccatoio per legno della IMEA Impianti srl

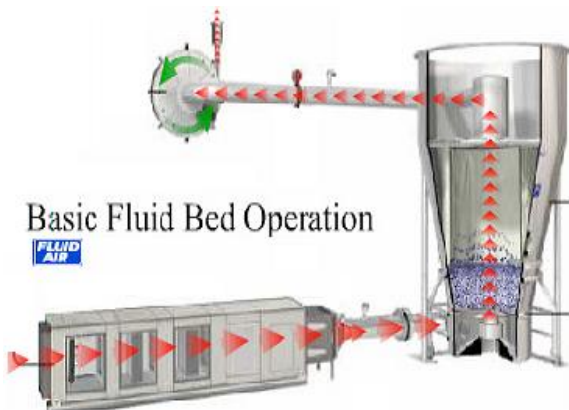
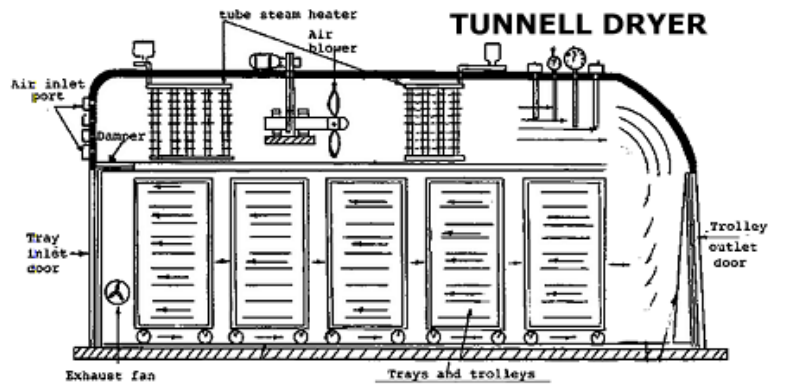


Essiccatoio a tunnel e Forno a rulli
PER ESSICCAZIONE E COTTURA VASELLAME IN TERRACOTTA

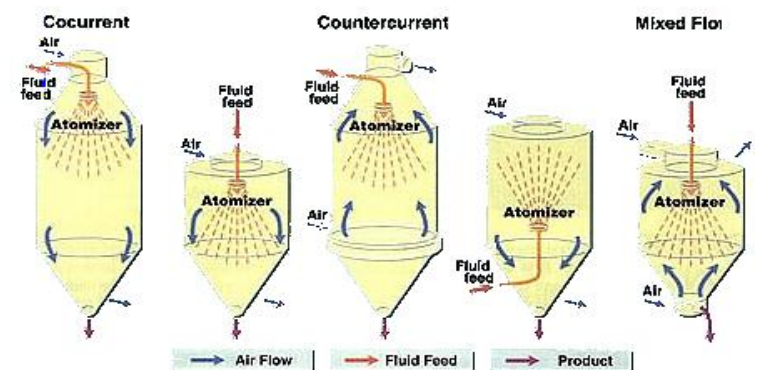
ESSICCATORE A TURBINA



ESSICCATORE A TUNNEL



ESSICCATORI A LETTO FLUIDO

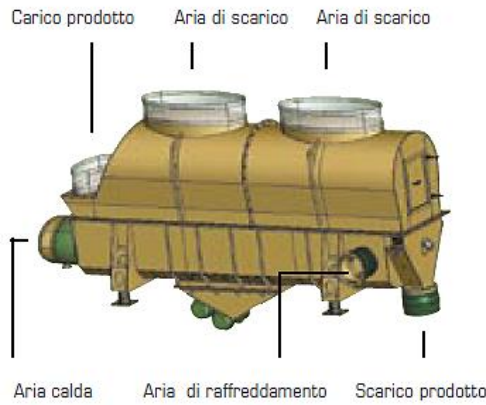


A2 - VIBROESSICCATORI -

FUNZIONAMENTO:

Dopo aver disposto il materiale da essiccare su un convogliatore di trasporto e afflusso (lamiera perforata, filtro a fessure, letti speciali), viene fatta passare aria calda o fredda (oppure altro gas da essiccazione) dal basso a salire. Il materiale, sottoposto a vibrazione continua, viene riscaldato fino ad eliminazione dell'umidità.

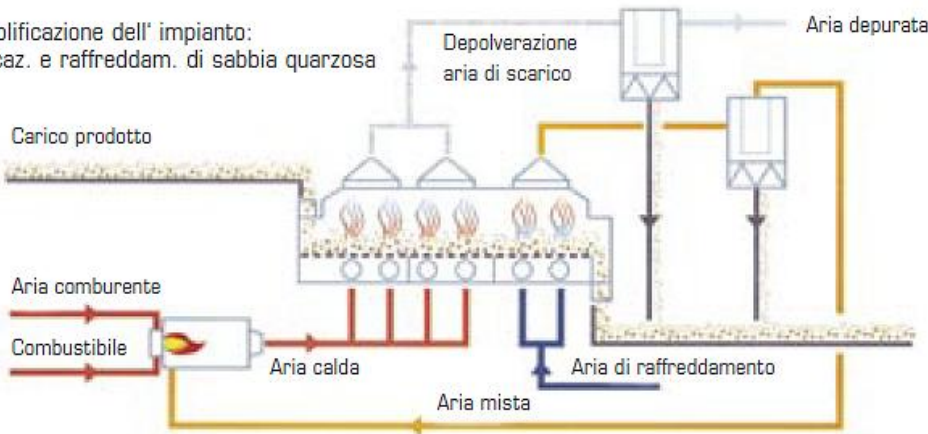
[DITTA Binder+Co]



Alcuni tipici prodotti sottoposti a trattamento in impianti di essiccazione:



Esemplificazione dell' impianto: essiccaz. e raffreddam. di sabbia quarzosa



[INDICE]

A3 – principi di LIOFILIZZAZIONE [crioessiccamento] –

tecnica di **essiccamento** [disidratazione controllata], con elevati costi energetici e di impianto, che è impiegata soprattutto per prodotti farmaceutici, alimentari, dietetici, di elevato **valore** commerciale;

MECCANISMO: avviene per congelamento a bassissime temperature [-30, -40 °C] ed in condizioni di vuoto spinto, in modo che l'acqua contenuta nel prodotto congelato si trasformi in ghiaccio e sublimi passando dallo stato solido a quello di vapore [questo avviene con il minimo deterioramento possibile della struttura e dei componenti della sostanza stessa]; segue essiccamento per riscaldamento.

I prodotti disidratati [polveri], per aggiunta della giusta quantità di acqua, riassumono il gusto e le caratteristiche nutritive (o terapeutiche) che avevano prima del trattamento.

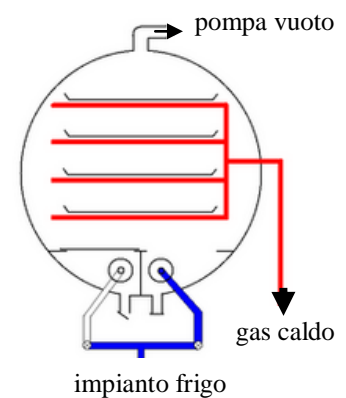
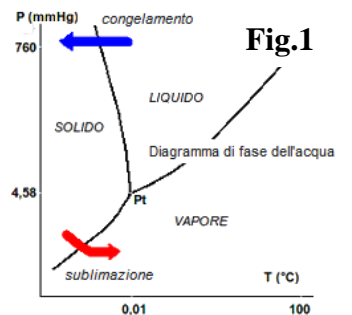
VANTAGGI:

lungo periodo di conservazione (superiore ai due anni) anche a temperatura ambiente, se adeguatamente confezionato; protezione dagli inquinamenti da parte dei microorganismi; facilità di trasporto e magazzinaggio del prodotto; rapida ricostituzione del prodotto non appena il liofilizzato viene posto in presenza dell'acqua; conservazione delle caratteristiche del prodotto di partenza (patrimonio proteico, contenuto in vitamine, elementi minerali e lipidi....);

TECNOLOGIA:

1 - fase preparatoria: operazioni di lavaggio, filtrazione e eventuale dissoluzione o sospensione nel solvente di sostanze attive [ind.farmaceutica], sistemazione in contenitori;

2 - fase di liofilizzazione: [stessa camera o pre-camere] congelamento per raffreddamento, condotto velocemente o lentamente, generalmente in modo rapido perché la formazione di cristalli di ghiaccio si produce simultaneamente in tutte le parti con cristalli piccoli e distribuiti uniformemente;



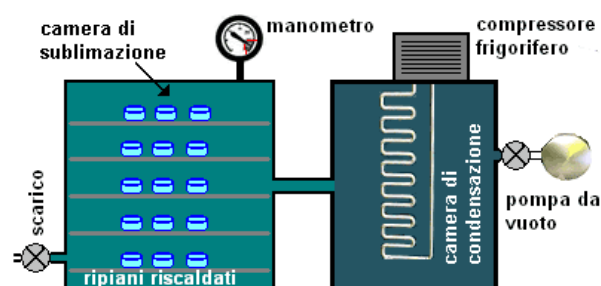
3 – fase di essiccamento [sublimazione del ghiaccio], in due fasi:

a) essiccamento primario – [vedi fig.1]

il prodotto è sottoposto all'azione del **vuoto** per provocarne la sublimazione del solvente; quando il vuoto raggiunge valori elevati si inizia il **riscaldamento**, con evacuazione continua e progressiva del vapore prodotto, e riscaldando per mantenere il prodotto a temperatura costante; l'eliminazione continua del vapore acqueo viene effettuata mediante **condensatori** a $T < 20^\circ$ rispetto a T riscaldamento, e passaggio continuo del vapore dalla camera di sublimazione a quella di condensazione in base alla differenza di tensione di vapore del ghiaccio esistente in queste due zone;

b) essiccamento secondario – o desorbimento, per eliminazione del solvente adsorbito tramite un ulteriore innalzamento di temperatura; questo serve a ridurre l'umidità dal 7 all'1% circa del peso secco e ad aumentare la conservabilità del prodotto essiccato;

4 – fase finale: eliminazione di vapor acqueo, controllo di stato di liofilizzazione, chiusura del prodotto in atmosfera protetta, in contenitori opportuni [alluminio, polietilene, vetro,...].



[da M.Guidotti- <http://dctf.uniroma1.it/galenotech>]

APPLICAZIONI:

si applica a: caffè, the solubile, camomilla solubile, succhi di frutta, frutta esotica, funghi, prodotti dietetici e per l'infanzia, farmaci e prodotti in fiale-flaconi, ...

[\[INDICE\]](#)