

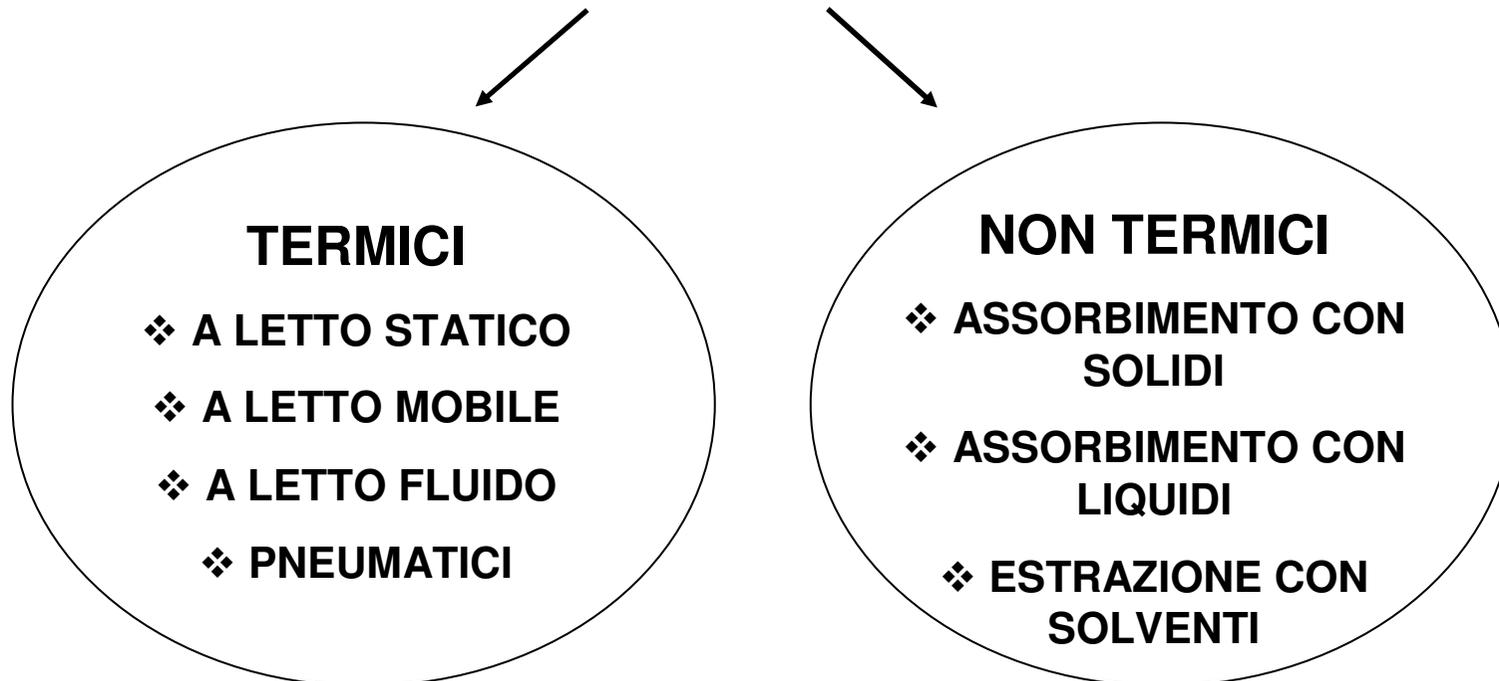
ESSICCAMENTO

**CORSO DI IMPIANTI
DELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA
ANNO ACCADEMICO 2007-2008**

GENERALITA'

ESSICCAMENTO: RIMOZIONE DI UN LIQUIDO DA UN SOLIDO CHE LO CONTIENE IN QUANTITA' VARIABILE (DI SOLITO RIDOTTA). NORMALMENTE IL LIQUIDO A CUI CI SI RIFERISCE E' L'ACQUA.

METODI DI ESSICCAMENTO



GENERALITA'

L'ESSICCAMENTO TERMICO RIMANE LA METODICA PIU' USATA IN CAMPO FARMACEUTICO PERCHE' E' PIU' SICURA, IN QUANTO NON PREVEDE L'INTRODUZIONE DI SOSTANZE ESTRANEE. LE APPARECCHIATURE DESCRITTE SI RIFERISCONO PERCIO' ALL'ESSICCAMENTO COL CALORE.

NEL CASO IN CUI IL LIQUIDO DA ALLONTANARE NON SIA ACQUA MA ALTRI SOLVENTI (ES., ETANOLO, CLOROFORMIO, ACETONE) LE OPERAZIONI DI ALLONTANAMENTO DEL SOLVENTE SONO LE STESSE, CON IN PIU' LE PRECAUZIONI NECESSARIE PER EVITARE L'INQUINAMENTO AMBIENTALE E IL RISCHIO DI ESPLOSIONI, E L'EVENTUALE RECUPERO DEI SOLVENTI.

SCOPI DELL'ESSICCAMENTO

GLI SCOPI DELL'ESSICCAMENTO IN CAMPO FARMACEUTICO SONO VARI E DIFFERENTI:

⊕ GRANULAZIONE AD UMIDO

⊕ PROCESSAMENTO DI MATERIALI (ES., PREPARAZIONE DI ESTRATTI VEGETALI IN POLVERE, PREPARAZIONE DI LATTOSIO SPRAY-DRIED)

⊖ RIDUZIONE DEL VOLUME E/O PESO DI UN MATERIALE (RIDUZIONE DEI COSTI DI TRASPORTO E STOCCAGGIO)

⊕ AUMENTO DELLA STABILITA' CHIMICA E MICROBIOLOGICA DEL MATERIALE (MIGLIORE CONSERVABILITA')

⊕ FACILITAZIONE DELLA MACINAZIONE

SPESSE DOPO L'ELIMINAZIONE DELL'ACQUA IL PRODOTTO DEVE ESSERE MANTENUTO A BASSI LIVELLI DI UMIDITA' O CON L'USO DI OPPORTUNI ESSICCANTI O MEDIANTE OPPORTUNO CONFEZIONAMENTO

TEORIA DELL'ESSICCAMENTO

I PROCESSI DI ESSICCAMENTO PREVEDONO SEMPRE IL TRASFERIMENTO CONTEMPORANEO DI CALORE E DI MASSA:

- TRASFERIMENTO DI CALORE DAL MEZZO RISCALDANTE ALL'ACQUA PRESENTE NEL MATERIALE DA ESSICCARE PER TRASFORMARLA IN VAPORE
- TRASFERIMENTO DI MASSA PASSAGGIO DELL'ACQUA ATTRAVERSO IL MATERIALE DA ESSICCARE VERSO LA SUPERFICIE DI EVAPORAZIONE, SUCCESSIVA EVAPORAZIONE DELL'ACQUA, ALLONTANAMENTO DEL VAPORE DAL MATERIALE

TEORIA DELL'ESSICCAMENTO

NEI PROCESSI DI ESSICCAMENTO IL CALORE PUO' ESSERE TRASFERITO IN TRE MODI: CONVEZIONE, CONDUZIONE, IRRAGGIAMENTO.

❖ CONVEZIONE: SI HA QUANDO IL CALORE VIENE TRASFERITO DA UN PUNTO ALL'ALTRO DI UN FLUIDO ATTRAVERSO MISCELAZIONE DI PORZIONI DELLO STESSO FLUIDO A DIFFERENTE TEMPERATURA (ES. ARIA CALDA CHE RIMPIAZZA ARIA FREDDA IN UN ESSICCATORE A LETTO STATICO).

❖ CONDUZIONE: TRASFERIMENTO DI CALORE DA UN CORPO AD UN ALTRO PER CONTATTO DIRETTO (ES., MATERIALE UMIDO MESSO SU UNA SUPERFICIE METALLICA CALDA)

❖ IRRAGGIAMENTO: TRASFERIMENTO DI CALORE TRA DUE CORPI NON IN CONTATTO MEDIANTE RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE (ES., MICROONDE)

IN REALTA' QUESTI MECCANISMI SI POSSONO VERIFICARE CONTEMPORANEAMENTE E VARIAMENTE COMBINATI NEI VARI TIPI DI ESSICCATORI

TEORIA DELL'ESSICCAMENTO

$$\frac{dW}{d\theta} = \frac{(q_c + q_r + q_k)}{\lambda} = k'A(H_s - H_g)$$

QUESTA EQUAZIONE DESCRIVE LA VELOCITA' DI EVAPORAZIONE DELL'ACQUA ($dW/d\theta$) COME FUNZIONE DELLA QUANTITA' DI CALORE TRASFERITO (q , DOVE q_c E' IL CALORE PER CONVEZIONE, q_r E' IL CALORE PER RADIAZIONE E q_k E' IL CALORE PER CONDUZIONE), A E' L'AREA DELLA SUPERFICIE DI EVAPORAZIONE, H E' L'UMIDITA' ASSOLUTA ALLA SUPERFICIE DEL MATERIALE (H_s) E NELL'ARIA (H_g). INOLTRE, λ E' IL CALORE LATENTE DI EVAPORAZIONE DELL'ACQUA E k' E' IL COEFFICIENTE DI TRASFERIMENTO DI MASSA.

UMIDITA' DI UN SOLIDO

L'UMIDITA' DI UN SOLIDO PUO' ESSERE ESPRESSA IN DUE DIVERSI MODI:

PERDITA
ALL'ESSICCAMENTO
(LOD=LOSS ON DRYING) → $\frac{\text{PESO DI ACQUA NEL CAMPIONE}}{\text{PESO DEL CAMPIONE UMIDO}} \times 100$

CONTENUTO DI UMIDITA'
(MC=MOISTURE CONTENT) → $\frac{\text{PESO DI ACQUA NEL CAMPIONE}}{\text{PESO DEL CAMPIONE SECCO}} \times 100$

LA PRIMA DETERMINAZIONE SI ESEGUE IN UNA APPOSITA BILANCIA RISCALDANTE, LA SECONDA RICHIEDE L'ESSICCAMENTO DEL CAMPIONE FINO A PESO COSTANTE

FATTORI CHE INFLUENZANO L'ESSICCAMENTO

I FATTORI CHE INFLUISCONO SULLA VELOCITA' E SULLA BUONA RIUSCITA DELLE OPERAZIONI DI ESSICCAMENTO SONO:

• TEMPERATURA

• DIFFERENZIALE TERMICO (DIFFERENZA DI TEMPERATURA TRA MATERIALE DA ESSICCARE E MEZZO RISCALDANTE)

• QUANTITA' DI UMIDITA' PRESENTE

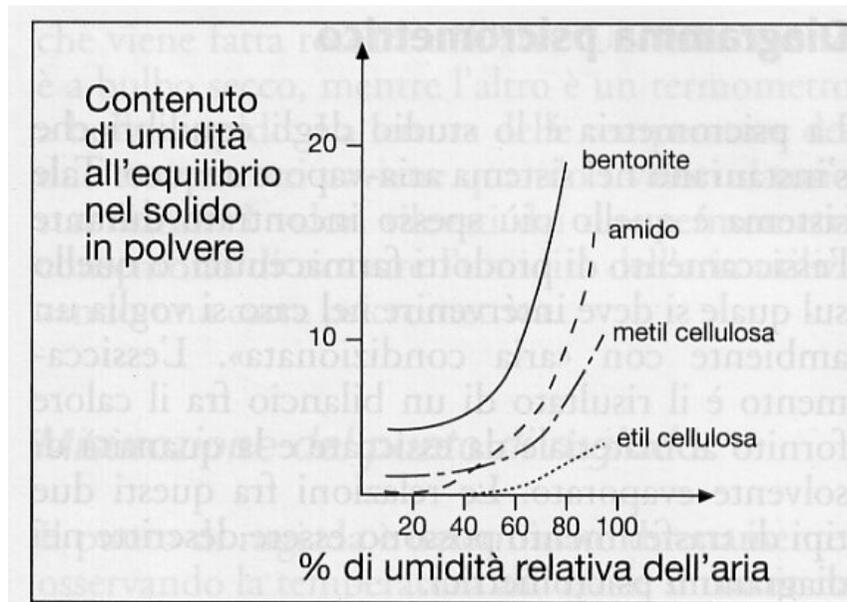
• ESTENSIONE DELLA SUPERFICIE DI CONTATTO

• TIPO DI SOLIDO DA ESSICCARE (CRISTALLINO O AMORFO)

• ENTITA' DEL RICAMBIO D'ARIA

• MATERIALI IMPIEGATI NELLA COSTRUZIONE DELLE APPARECCHIATURE (INFLUENZANO IL TRASPORTO DI CALORE)

CONTENUTO DI UMIDITA' ALL'EQUILIBRIO



**IL GRAFICO ILLUSTRRA IL
CONTENUTO DI UMIDITA'
ALL'EQUILIBRIO DI VARI
TIPI DI SOSTANZE**

**QUESTI DATI CONSENTONO DI STABILIRE LE CONDIZIONI DI
CONSERVAZIONE DEI MATERIALI**

**LE SOSTANZE CRISTALLINE SONO CARATTERIZZATE DA UN BASSO
CONTENUTO DI UMIDITA' ALL'EQUILIBRIO, QUELLE AMORFE DA UN
CONTENUTO ELEVATO**

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DA ESSICCARE

**I SOLIDI CRISTALLINI E QUELLI AMORFI SI COMPORTANO
DIVERSAMENTE ALL'ESSICCAMENTO.**

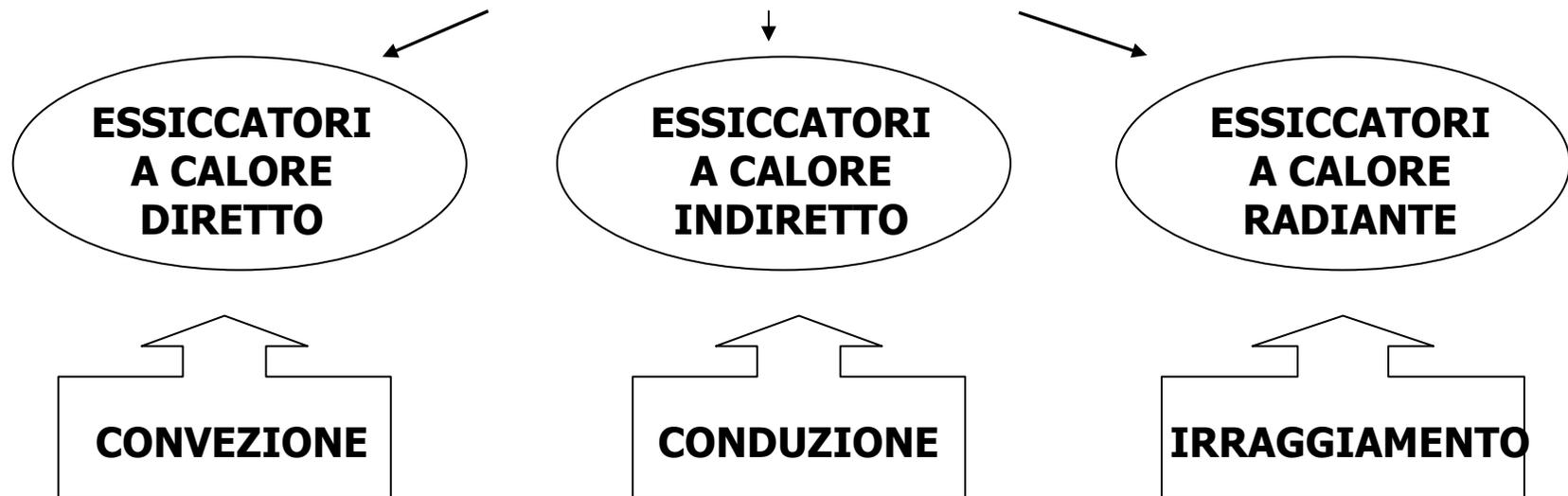
**NELLE SOSTANZE CRISTALLINE L'ACQUA – A MENO CHE NON
SIA ACQUA DI CRISTALLIZZAZIONE – E' SITUATA IN PORI
SUPERFICIALI APERTI O NEGLI SPAZI INTERSTIZIALI TRA I
CRISTALLI ED E' PERCIO' ELIMINATA VELOCEMENTE. L'ACQUA
DI CRISTALLIZZAZIONE E' INVECE MOLTO DIFFICILE DA
ELIMINARE.**

**NELLE SOSTANZE AMORFE O FIBROSE O GELATINOSE
L'ACQUA E' CONTENUTA IN PICCOLI CAPILLARI E PICCOLI PORI
INTERNI. QUESTE SOSTANZE (ES., CASEINA, IDROSSIDO DI
ALLUMINIO) SONO MOLTO PIU' DIFFICILI DA ESSICCARE
RISPETTO A QUELLE CRISTALLINE.**

CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI DI ESSICCAMENTO -1

I PROCESSI DI ESSICCAMENTO (E GLI ESSICCATORI) POSSONO
ESSERE CLASSIFICATI SECONDO VARI CRITERI.

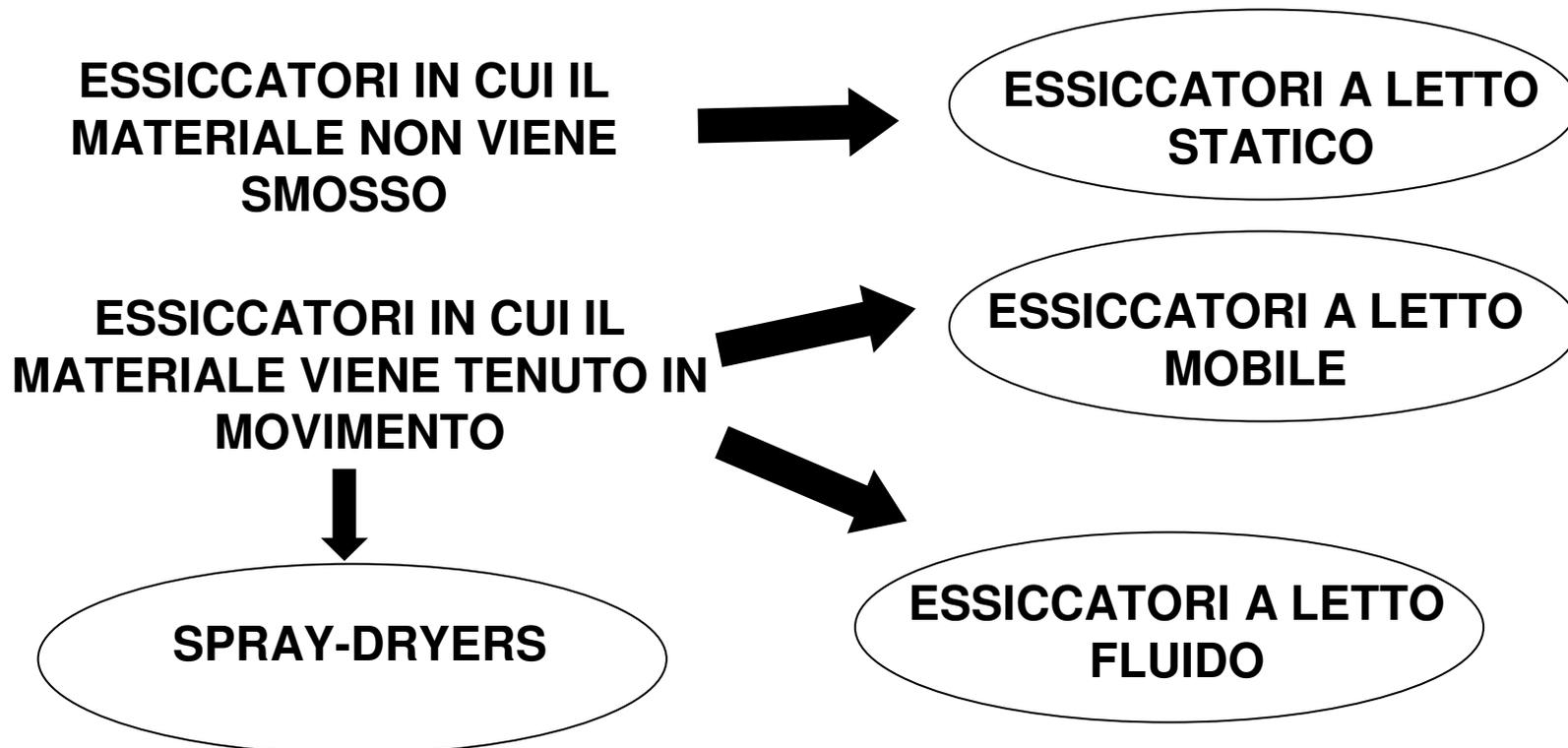
USANDO COME CRITERIO LE MODALITA' DI TRASFERIMENTO DEL
CALORE SI HANNO:



IL TRASFERIMENTO DI CALORE AVVIENE RISPETTIVAMENTE PER

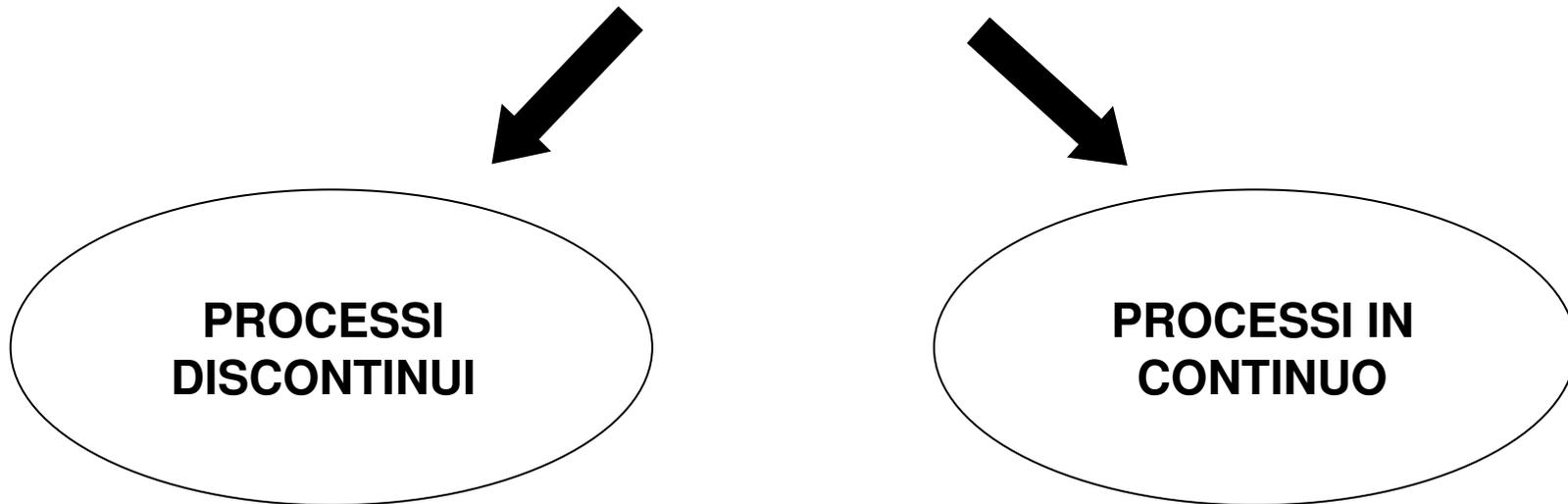
CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI DI ESSICCAMENTO -2

USANDO COME CRITERIO LO STATO DI MOVIMENTO O RIPOSO IN
CUI VIENE TENUTO IL MATERIALE DA ESSICCARE SI POSSONO
DISTINGUERE:



CLASSIFICAZIONE DEI PROCESSI DI ESSICCAMENTO -3

**IN BASE ALLA CONTINUITA' DEL PROCESSO SI PUO'
PARLARE DI**



ESSICCAMENTO A CALORE DIRETTO

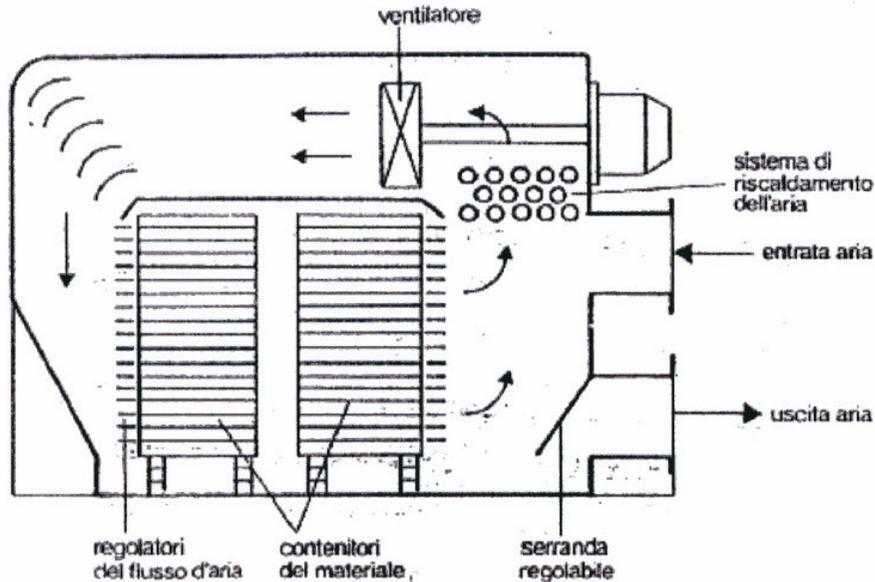
L'ESSICCAMENTO PER CONVEZIONE O A CALORE DIRETTO AVVIENE AD OPERA DI UN FLUIDO GASSOSO, SECCO E CALDO (DI SOLITO ARIA) CHE VIENE A CONTATTO COL MATERIALE DA ESSICCARE, GLI CEDE LE SUE CALORIE FACENDO EVAPORARE L'ACQUA E POI TRASCINA VIA IL VAPORE.

LA TEMPERATURA DEL MATERIALE DA ESSICCARE NON DEVE MAI ESSERE SUPERIORE RISPETTO A QUELLA DEL MEZZO CIRCOSTANTE.

GLI ESSICCATORI A CONVEZIONE POSSONO ESSERE STATICI O POSSONO COMPORTARE IL MOVIMENTO DEL MATERIALE DA ESSICCARE. TRA I TIPI PRESENTI IN COMMERCIO SI RICORDANO:

- ESSICCATORI A CIRCOLAZIONE D'ARIA**
- ESSICCATORI A CILINDRO ROTANTE**
- ESSICCATORI A LETTO FLUIDO**
- SPRAY-DRYERS (NEBULIZZATORI, ATOMIZZATORI)**

ARMADIO ESSICCATORE A VENTILAZIONE FORZATA



**SONO ESSICCATORI STATICI
AMPIAMENTE USATI
NELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA,
COSTITUITI DA GRANDI ARMADI
METALLICI DOVE IL MATERIALE
VIENE ESSICCATO DA ARIA CALDA
CIRCOLANTE. L'ARIA 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'.

L'EFFICIENZA DI ESSICCAMENTO DIPENDE DALLA VELOCITA' DEL FLUSSO GASSOSO, DALLA SUPERFICIE DELLA SOSTANZA DA ESSICCARE, DALLA DIFFERENZA DI TEMPERATURA TRA ARIA E SOLIDO.

QUESTI ESSICCATORI POSSONO ESSERE REALIZZATI IN VARIANTI A TUNNEL.

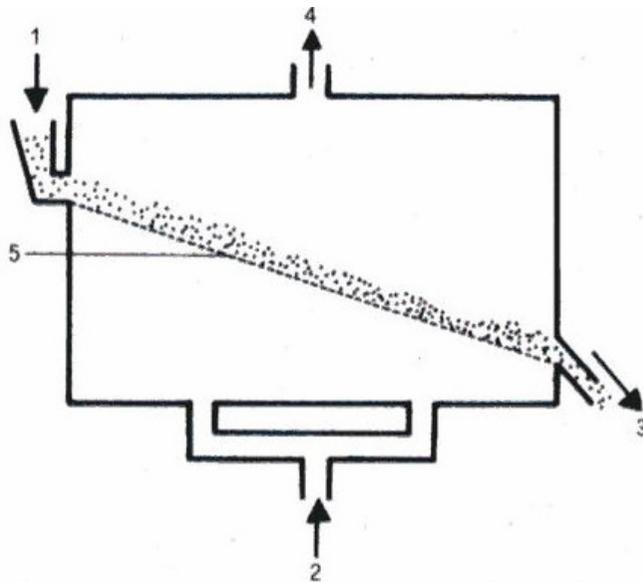
INCONVENIENTI DEGLI ESSICCATOI A CIRCOLAZIONE D'ARIA

QUESTO TIPO DI ESSICCATORI PRESENTANO ALCUNI INCONVENIENTI:

- NOTEVOLE INGOMBRO**
- SISTEMA DISCONTINUO**
- LUNGI TEMPI DI ESSICCAMENTO**
- EFFICIENZA TERMICA LIMITATA (VI SI PUO' OVVIARE RICICLANDO L'ARIA DI SCARICO)**
- POSSIBILE PERDITA DI PRODOTTO PER TRASCINAMENTO (VI SI PUO' OVVIARE RIDUCENDO LA VELOCITA' DELL'ARIA E/O SISTEMANDO DEI FILTRI IN USCITA)**
- POSSIBILI FENOMENI OSSIDATIVI A CARICO DEL PRODOTTO**
 - NECESSITA' DI SMUOVERE IL PRODOTTO DURANTE L'ESSICCAMENTO**
- TEMPERATURA NON UNIFORME IN TUTTI I PUNTI DELL'ARMADIO**

VASSOI A TURBOLENZA

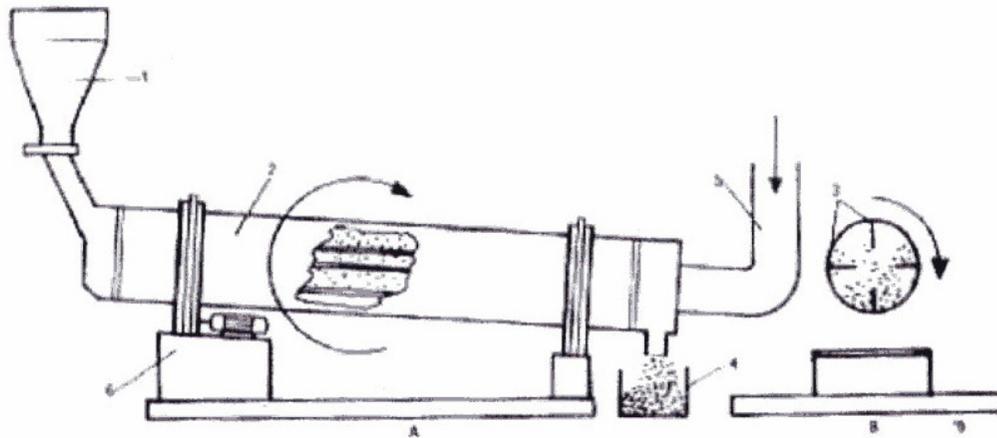
SONO UN ESEMPIO DI ESSICCATORI A LETTO MOBILE.



- 1=INGRESSO PRODOTTO UMIDO**
- 2=INGRESSO ARIA CALDA**
- 3=USCITA PRODOTTO ESSICCATO**
- 4=USCITA ARIA FREDDA**
- 5=VASSOIO FORATO**

SI TRATTA DI UNA CAMERA DI ESSICCAMENTO IN CUI IL PRODOTTO UMIDO SCORRE LUNGO UN PIANO INCLINATO FORATO VERSO L'USCITA. ARIA CALDA INVESTE DAL BASSO IL PIANO INCLINATO ED IL MATERIALE UMIDO, ESSICCANDOLO.

ESSICCATORE A CILINDRO ROTANTE



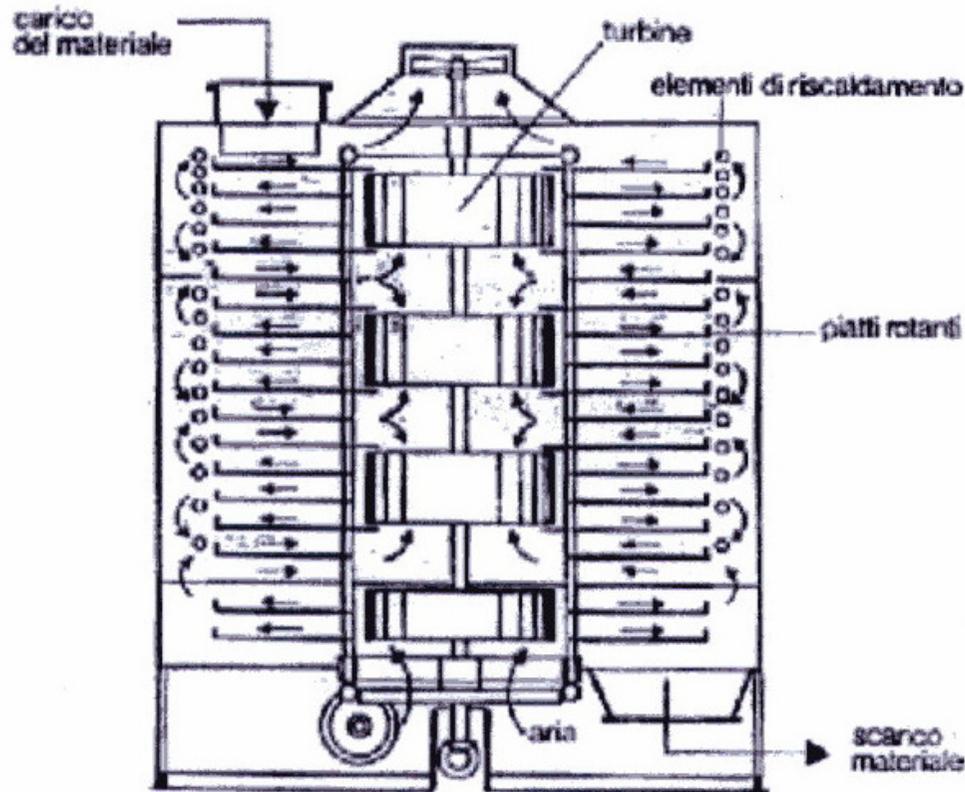
E' UN ESSICCATORE A LETTO MOBILE.

E' COSTITUITO DA UN CILINDRO METALLICO CAVO LEGGERMENTE INCLINATO, CHE RUOTA ATTORNO AL PROPRIO ASSE, 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.

QUESTO TIPO DI ESSICCATORE E' EFFICIENTE MA NON PUO' ESSERE UTILIZZATO PER SOSTANZE MOLTO TERMOLABILI O FACILMENTE OSSIDABILI.

ESSICCATORI A TURBINA



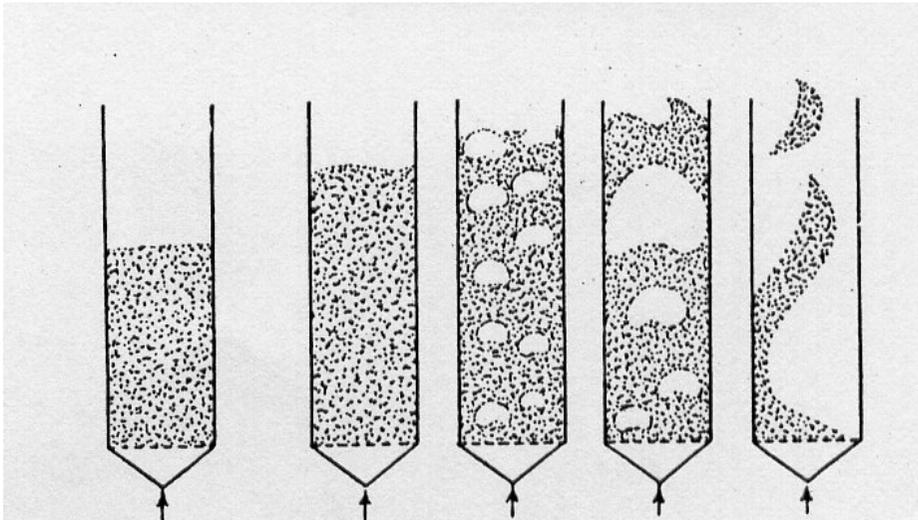
L'ESSICCATORE A TURBINA ILLUSTRATO PERMETTE UN ESSICCAMENTO CONTINUO IN LETTO MOBILE. E' COSTITUITO DA UNA SERIE DI VASSOI ROTANTI ANULARI SISTEMATI UNO SULL'ALTRO, CHE RUOTANO MOLTO LENTAMENTE. ARIA CALDA CIRCOLA TRA I VASSOI. DALL'ALTO IL MATERIALE UMIDO VIENE CARICATO SUL PRIMO VASSOIO E DOPO 7-8 GIRI VIENE SCARICATO NEL VASSOIO IMMEDIATAMENTE SOTTOSTANTE.

IL PROCESSO SI RIPETE FINCHE' IL MATERIALE NON ARRIVA SULL'ULTIMO VASSOIO E VIENE SCARICATO, COMPLETAMENTE ESSICCATO, ALL'ESTERNO.

LETTO FLUIDO

INVESTENDO DAL BASSO VERSO L'ALTO CON UN GETTO DI GAS DI ADEGUATA POTENZA UN INSIEME DI PARTICELLE SOLIDE, QUESTE VENGONO SOLLEVATE E SI SOSPENDONO NEL GAS.

SI FORMA UNA MISCELA FLUIDA IN CUI LE SINGOLE PARTICELLE SONO COMPLETAMENTE CIRCONDATE DA MOLECOLE DI GAS E CHE PRENDE IL NOME DI LETTO FLUIDO, PERCHE' NEL SUO INSIEME SI COMPORTA COME UN LIQUIDO.



VARIE TAPPE DELLA
FLUIDIZZAZIONE GASSOSA DI
UN LETTO PULVERULENTO

LETTO FLUIDO

**IL LETTO FLUIDO HA LE CARATTERISTICHE MACROSCOPICHE
DI UN LIQUIDO:**

- **HA UN VOLUME PROPRIO**
- **HA UNA SUPERFICIE PROPRIA**
- **OCCUPA UN CONTENITORE ASSUMENDONE LA FORMA**
 - **HA UNA SUA PRESSIONE IDROSTATICA**
- **UN CORPO IMMERSO IN UN LETTO FLUIDO PUO'
GALLEGGIARE SU DI ESSO O ANDARE A FONDO**

APPLICAZIONI DEL LETTO FLUIDO

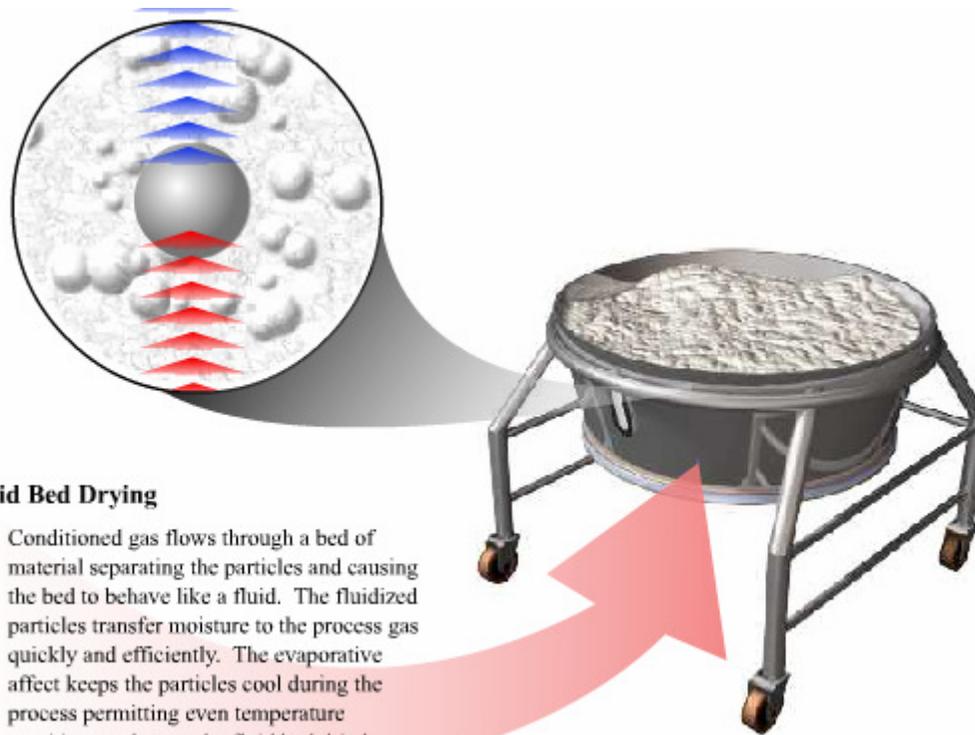
IL PRINCIPIO DEL LETTO FLUIDO E' MOLTO IMPIEGATO NELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA NON SOLO PER ESSICCARE MA ANCHE PER MISCELARE POLVERI, PER PREPARARE GRANULATI, PER RIVESTIRE GRANULI. INOLTRE SPESSO PERMETTE DI REALIZZARE CONTEMPORANEAMENTE PIU' OPERAZIONI.

NEL CASO DELL'ESSICCAMENTO, IL LETTO FLUIDO OFFRE NUMEROSI VANTAGGI RISPETTO AI METODI VISTI FINORA:

- ❖ ELEVATA VELOCITA' DI ESSICCAMENTO**
- ❖ ALTA EFFICIENZA NELO SCAMBIO DI CALORE**
- ❖ STRETTO MONITORAGGIO**

L'ESSICCAMENTO IN LETTO FLUIDO PUO' ESSERE CONDOTTO IN MODO CONTINUO O DISCONTINUO.

ESSICCAMENTO A LETTO FLUIDO



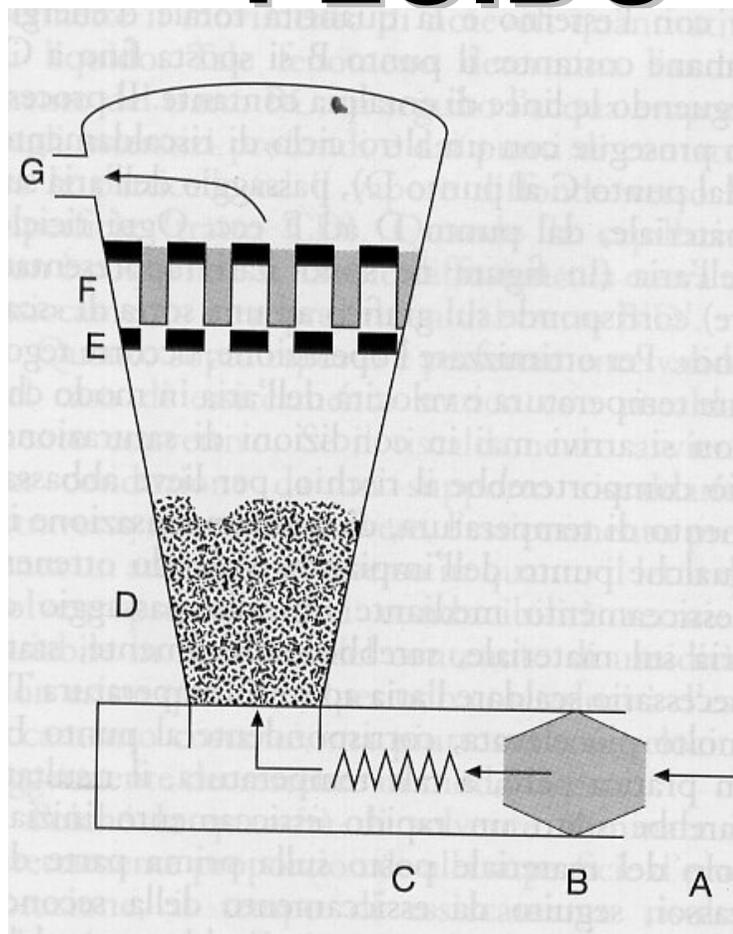
Fluid Bed Drying

Conditioned gas flows through a bed of material separating the particles and causing the bed to behave like a fluid. The fluidized particles transfer moisture to the process gas quickly and efficiently. The evaporative affect keeps the particles cool during the process permitting even temperature sensitive products to be fluid bed dried.



Copyright ©2000 Fluid Air Incorporated. All rights reserved.

ESSICCATORE A LETTO FLUIDO FLUIDO VERTICALE



**A=ENTRATA DELL'ARIA; B=FILTRO;
C=RISCALDATORE; D= CONTENITORE MATERIALE;
E=DISCO METALLICO; F=MANICHE FILTRANTI;
G=USCITA DELL'ARIA**

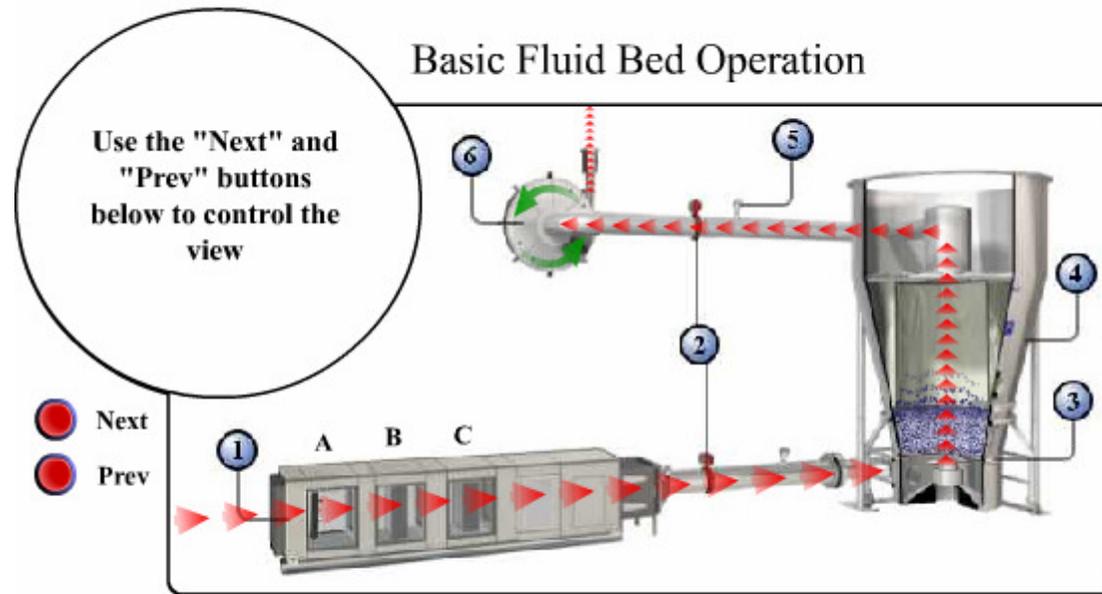
**GLI ESSICCATORI A LETTO FLUIDO
VERTICALE LAVORANO IN MODO
DISCONTINUO.**

**LA FIGURA MOSTRA UNO SCHEMA DI
ESSICCATORE A LETTO FLUIDO VERTICALE.
LA CAPACITA' DI QUESTE
APPARECCHIATURE VARIA DA 5 A 200 Kg,
ED IL TEMPO DI ESSICCAMENTO DA 20 A 40
MINUTI.**

**L'ESSICCAMENTO A LETTO FLUIDO
AVVIENE CON GRANDE EFFICIENZA E
RAPIDITA' ED E' PARTICOLARMENTE
INDICATO PER MATERIALI TERMOLABILI..**

**NEI MODERNI ESSICCATORI A LETTO
FLUIDO TUTTI I PARAMETRI DI PROCESSO
(TEMPERATURA DELL'ARIA, POTENZA DEL
VENTILATORE) SONO COMPUTERIZZATI.**

SCHEMA DI ESSICCATORE A LETTO FLUIDO



ESEMPI DI ESSICCATORI A LETTO FLUIDO VERTICALE

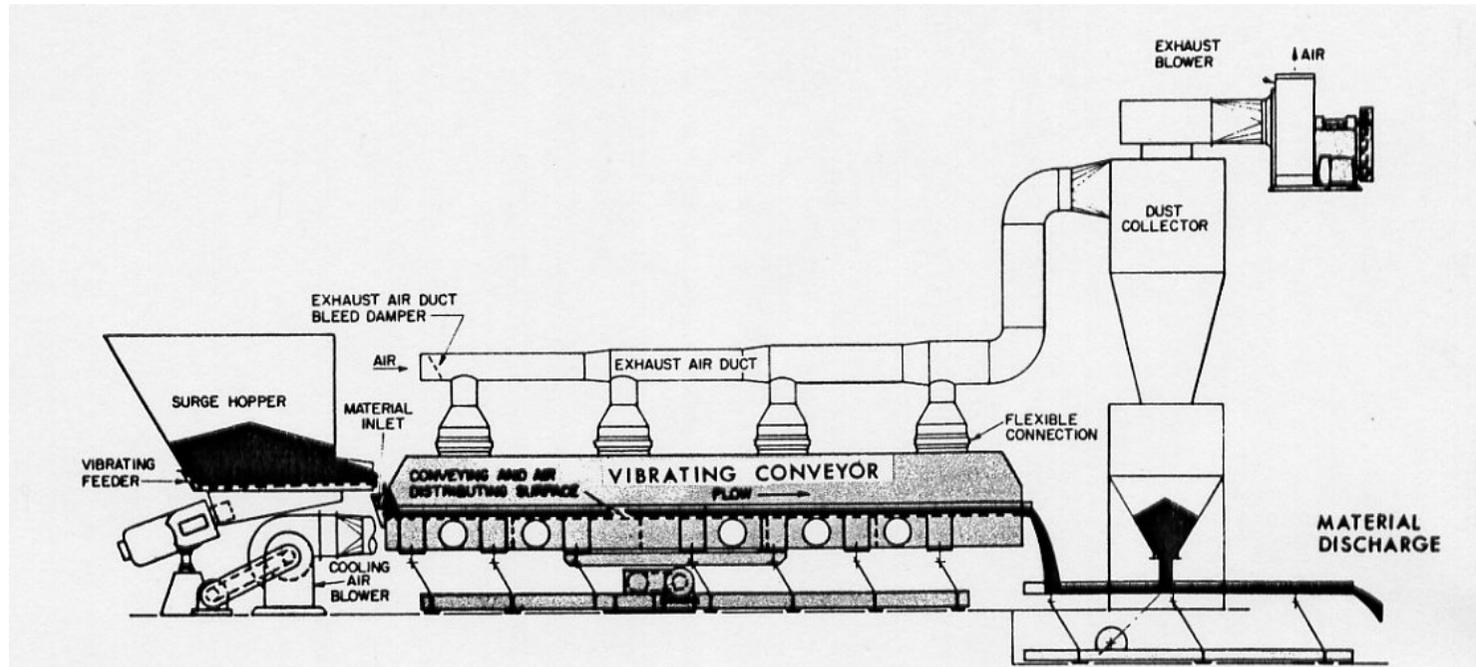


**ESSICCATORE A LETTO
FLUIDO VERTICALE
ALLGAIER**



**ESSICCATORE A LETTO
FLUIDO VERTICALE DA
LABORATORIO ALLGAIER**

ESSICCATORE A LETTO FLUIDO ORIZZONTALE



GLI ESSICCATORI A LETTO FLUIDO ORIZZONTALE SONO PIU' ADATTI PER PROCESSARE GRANDI QUANTITA' DI MATERIALE. QUELLO ILLUSTRATO IN FIGURA E' COSTITUITO DA UN NASTRO VIBRANTE PERFORATO CHE SCORRE ALL'INTERNO DI UNA CAMERA. DAL BASSO ARRIVA ARIA CALDA CHE PASSA ATTRAVERSO I NASTRO ROTANTE E FLUIDIZZA IL MATERIALE; LA TEMPERATURA PUO' ESSERE REGOLATA INDIPENDENTEMENTE NELLE VARIE ZONE DELLA CAMERA. LA CAPACITA' PUO' ARRIVARE AD 1-2 TONNELLATE/ORA.

ESEMPI DI ESSICCATORI A LETTO FLUIDO ORIZZONTALE



**ESSICCATORI A LETTO FLUIDO
ORIZZONTALE ALLGAIER**



ESSICCAMENTO A CALORE INDIRETTO

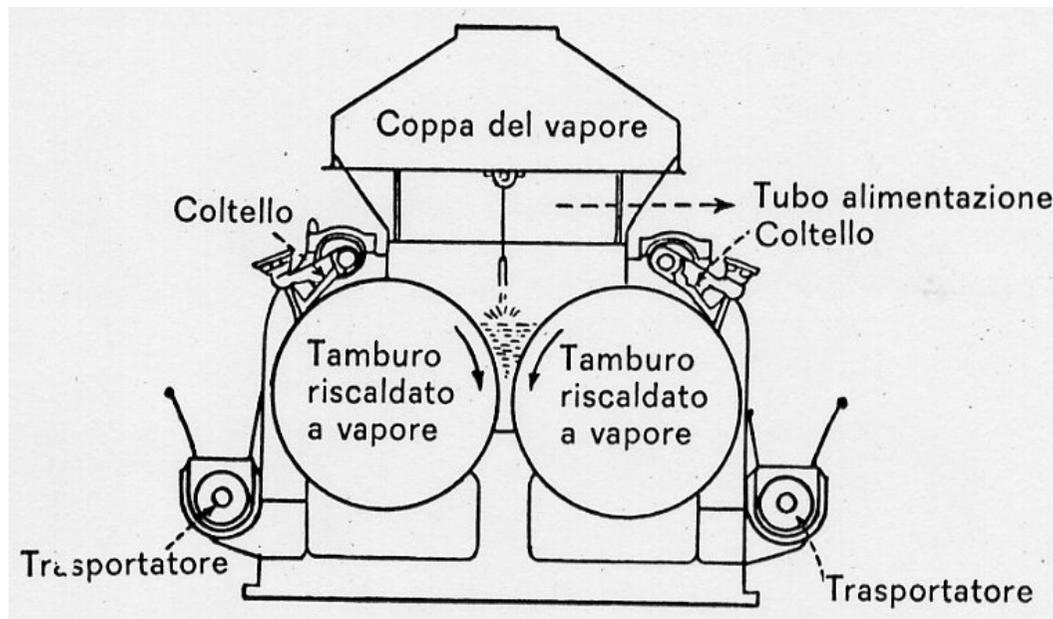
**NELL'ESSICCAMENTO A CALORE INDIRETTO O PER CONDUZIONE
IL CALORE VIENE TRASFERITO AL MATERIALE DA ESSICCARE
ATTRAVERSO UNA PARETE METALLICA RISCALDATA CON CUI IL
PRODOTTO E' A CONTATTO.**

**GLI ESSICCATORI A CALORE INDIRETTO POSSONO FUNZIONARE
IN MODO CONTINUO O DISCONTINUO.**

**TRA I VARI TIPI DI ESSICCATORI A CALORE INDIRETTO SI
POSSONO RICORDARE:**

- ESSICCATORI A CILINDRI ROTANTI**
- ESSICCATORI A PRESSIONE RIDOTTA**

ESSICCATORE A CILINDRI ROTANTI



1=ALIMENTAZIONE MATERIALE DA ESSICCARE

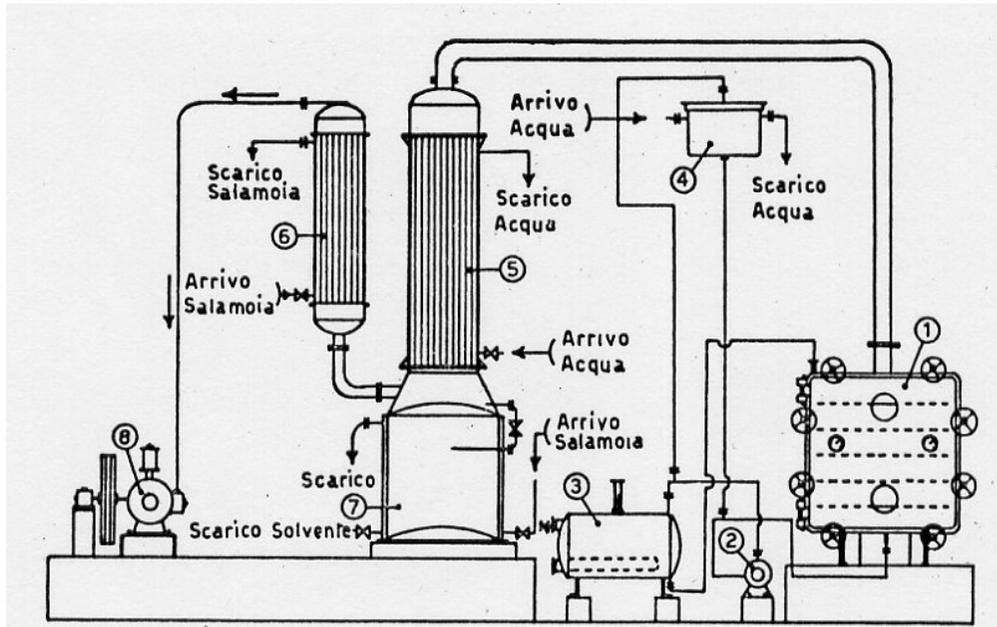
2=CILINDRI RISCALDANTI

3=COLTELLI RASCHIATORI

QUESTO TIPO DI ESSICCATORI E' PARTICOLARMENTE UTILE PER ESSICCARE SOLUZIONI OPPURE MATERIALI PASTOSI O TROPPO DENSII PER POTER ESSERE NEBULIZZATI.

DUE CILINDRI CAVI, SCALDATI INTERNAMENTE CON VAPORE, SONO DISPOSTI PARALLELAMENTE AD UNA DISTANZA REGOLABILE E RUOTANO IN SENSO INVERSO L'UNO ALL'ALTRO (6-10 GIRI/MIN). IL MATERIALE VIENE SPRUZZATO DALL'ALTO E MAN MANO CHE SI FORMA UNA PELLICOLA DI SOLIDO ESSICCATO QUESTA VIENE ASPORTATA DA COLTELLI RASCHIATORI.

ESSICCATORI A PRESSIONE RIDOTTA



ARMADIO DI ESSICCAZIONE SOTTO VUOTO CON RECUPERO DEL SOLVENTE

ESISTONO IN VARI MODELLI. I PIU' SEMPLICI SONO CAMERE O ARMADI ALL'INTERNO DEI QUALI SONO DISPOSTI DEI PIANI SCALDATI DAL VAPORE; VIENE REALIZZATO IL VUOTO MEDIANTE UNA POMPA DA VUOTO E C'E' UN SISTEMA CHE CONDENSA IL SOLVENTE E LO CONVOGLIA ALL'ESTERNO.

I VANTAGGI DEGLI ESSICCATORI A PRESSIONE RIDOTTA E' CHE LE TEMPERATURE RAGGIUNTE SONO PIUTTOSTO BASSE E I SOLIDI OTTENUTI SONO POROSI E FRIABILI.

ESEMPI DI ESSICCATORI SOTTOVUOTO



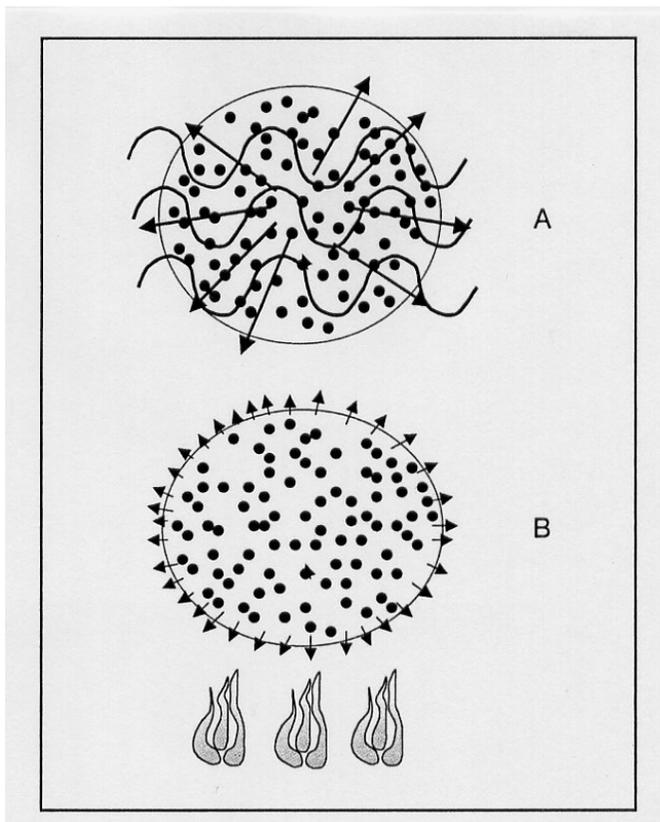
ARMADIO ESSICCATORE SOTTOVUOTO COPRINOX

ESEMPI DI ESSICCATORI SOTTOVUOTO



ESSICCATORE STATICO SOTTOVUOTO AD ARMADIO ITALVACUUM

ESSICCATORE A MICROONDE



NELL'ESSICCAMENTO A MICROONDE AL MATERIALE VENGONO APPLICATE RADIAZIONI ELETTRICHE CON FREQUENZA D'ONDA CHE VA DA 915 A 2450 MHz. L'ENERGIA CINETICA DELLE MOLECOLE DI SOLVENTE (ACQUA O ALCOOL) AUMENTA ED ESSE PASSANO IN FASE VAPORE IN TUTTA LA MASSA DEL MATERIALE (A).

CON I METODI TRADIZIONALI L'EVAPORAZIONE AVVIENE SOLO IN SUPERFICIE (B) E QUINDI L'ALLONTANAMENTO DEL VAPORE DALLA MASSA E' MOLTO PIU' LENTO.

LE PRESTAZIONI DI QUESTI ESSICCATORI SONO PARAGONABILI A QUELLE DEGLI ESSICCATORI A LETTO FLUIDO

SPRAY-DRYING

**SPRAY-DRYING = ESSICCAMENTO PER
NEBULIZZAZIONE = ATOMIZZAZIONE**

**E' UNA PARTICOLARE TECNICA DI ESSICCAMENTO CHE
CONSISTE NELLA TRASFORMAZIONE, IN UNA SOLA
OPERAZIONE, DI UN "FEED LIQUID" (SOLUZIONE,
SOSPENSIONE, EMULSIONE, PASTA O GEL) IN UN SOLIDO
SECCO PARTICOLATO, MEDIANTE IL CONTATTO CON UN GAS
CALDO CHE PROVOCA L'EVAPORAZIONE ISTANTANEA DEL
SOLVENTE.**

**VIENE EFFETTUATA IN APPARECCHI DETTI SPRAY-DRYERS O
ESSICCATOI A NEBULIZZAZIONE O ATOMIZZATORI.**

APPLICAZIONI FARMACEUTICHE DELLO SPRAY-DRYING-1

**LE APPLICAZIONI FARMACEUTICHE DELLO SPRAY-DRYING SONO
NUMEROSE:**

- ❖ PRODUZIONE DI GRANULATI**
- ❖ TRASFORMARE ESSENZE VOLATILI, OLI O SOLUZIONI
ESTRATTIVE DA PIANTE IN POLVERI SECHE LIBERAMENTE
SCORREVOLI**
- ❖ MIGLIORARE LE CARATTERISTICHE DI SCORRIMENTO DI
ECCIPIENTI IMPIEGATI NELLA PREPARAZIONE DI COMPRESSE E
CAPSULE**
- ❖ PREPARARE “MULTIPURPOSE EXCIPIENTS” PER COMPRESSIONE
(CONTENENTI UN DILUENTE, UN DISGREGANTE ED UN LEGANTE)**
- ❖ DISTRIBUIRE PIU’ UNIFORMEMENTE IN UNA MATRICE UN
COMPONENTE PRESENTE IN UNA MISCELA IN QUANTITA’ MOLTO
PICCOLE**

APPLICAZIONI FARMACEUTICHE DELLO SPRAY-DRYING-2

- ❖ **MIGLIORARE LE CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE DI UN PREPARATO MASCHERANDO SAPORI O ODORI SGRADIEVOLI DEI PRINCIPI ATTIVI**
 - ❖ **NEBULIZZARE SOSTANZE TERMOLABILI**
- ❖ **RIVESTIRE PRINCIPI ATTIVI CON MATERIALI GASTRORESISTENTI**
 - ❖ **CONTROLLARE LA VELOCITA' DI RILASCIO DI UN PRINCIPIO ATTIVO**
- ❖ **MIGLIORARE LA BIODISPONIBILITA' DI UN PRINCIPIO ATTIVO (AD ES., AUMENTANDO LA VELOCITA' DI DISSOLUZIONE DI SOSTANZE POCO SOLUBILI IN ACQUA, OTTENENDO TRASFORMAZIONI POLIMORFICHE DI FARMACI)**

APPLICAZIONI NON FARMACEUTICHE DELLO SPRAY-DRYING

- ❖ **INDUSTRIA CHIMICA** (COLORANTI, CATALIZZATORI, DETERGENTI)
- ❖ **AGRICOLTURA** (ERBICIDI, PESTICIDI, INSETTICIDI)
- ❖ **INDUSTRIA ALIMENTARE** (ESTRATTI DI PIANTE, ALIMENTI PER BAMBINI, CAFFE' E DERIVATI, DERIVATI DEL LATTE, TE', POMODORO, ETC.)
- ❖ **INDUSTRIA CERAMICA**

PRODOTTI MICROINCAPSULABILI PER SPRAY-DRYING

ELENCO PRODOTTI TRATTATI CON IL MINI SPRAY HO

Prodotto	Temperature flusso			press. solidi atom. %	Note	
	in	out	aria			
1) Polimero in eptano	140	70	100	1	positivo	
2) Polimero in eptano	120	50	100	2	positivo	
3) Polimero in eptano	80	40	110	1,5	positivo	
4) Estratto liquirizia	150	75	75	1,5	22	positivo (depositi)
5) Estratto di rabarbaro	120	80	75	2	15	positivo
6) Estratto di boldo	160	80	75	1,5		positivo
7) Cascara in alcool etil.	100	70	100	1,5		negativo (aderisce c clone)
8) Cascara in alcool etil.	90	60	100	0,5		negativo
9) Cascara in alcool etil.	150	95	50	1,5		positivo
10) Soluzione di sapone	160	70	70	1	35	positivo
11) Ossicloruro di rame	170	55	75	1	50	positivo
12) Ossido di cromo	160	80	50	2		positivo atomizzatore speciale
13) Carburo di tungsteno	90	60	75	2,5		positivo
14) Massa ceramica	180	80	75	2	50	positivo
15) Fermenti lattici	120	60	75	2,5		positivo, attività mag tenuta
16) Penicillium Weidemann	140	70		1		positivo
17) Resina vegetale in alcool	170	40	125	1		positivo
18) Aromi microincapsulati	120	70	100	0,1		positivo
19) Acetilsalicilato di lisina	120	90	100	1		positivo, speciale post cooling
20) Dimetilurea	120	80	75	1	18	positivo
21) Toner fotocopiatrici	140	75	60	1,5	30	positivo (in acqua)
22) Toner fotocopiatrici	80	60	60	1,5	30	positivo (cloruro metilene)
23) Bacillus Thuringiensis	140	80	75	2,5	11	positivo, attività mantenuta
24) Emulsione poliacrilati	150	80	75	1	20	positivo
25) Ossido di ferro giallo	150	80	60	2		positivo

26) Pignolo rosso org.	90	50	60			positivo (in solvente)
27) CaCO ₃ +stearato	140	70	100	1	23	positivo
28) Enzima da uova	120	60	100	1,5	0,6	positivo, attività mantenuta
29) Olio minerale microincaps.	100	70	125	0,5	12	positivo
30) Olio vegetale microincaps.	100	80	125	0,6	8	positivo
31) Carburo di silicio	200	100	125	1,5	28	positivo
32) Coenzima DPN	130	60	75	1	8	positivo, attività 10
33) Cacao	140	70	70	1,5		positivo
34) Cascara sagrada	140	70	80	1,5		positivo
35) Vitamina K microincaps.	130	75				positivo
36) Naftalene sulfonato	150	75	75	1,2	12	positivo
37) Latte senza lattosio	140	70	50	1	8	positivo
38) Proteine da foglie	150	75	75	1	15	positivo
39) Carbencillina	130	88	100	1,5	20	positivo
40) Manganese solfato	174	134	75	1,5	20	positivo
41) Manganese nitrato	230	138	75	1,5		positivo, ridotto a Mn ₃ O ₄
42) Sulfamide microincaps.	60	45	75	0,1	15	positivo (cloroformic)
43) Atrazina cristalli	60	45	75	2		positivo, micronizzat
44) Caglio microbico	110	60	70	1,5	10	positivo, attività mantenuta
45) Fucina microincapsulata	80	30	60	2	12	positivo (metilene cloruro)
46) Polipeptidi	115	63	50	1	2	positivo
47) Acido nucleico	115	67	50	1,5	5	positivo
48) Siero da sangue	120	70	50	1,3		positivo
49) Estratto di pianta	170	85	40	2	15	positivo
50) Estratto di funghi	130	70	50	1,5	2,7	positivo
51) Estratto di pesce	140	90	40	1	60	positivo

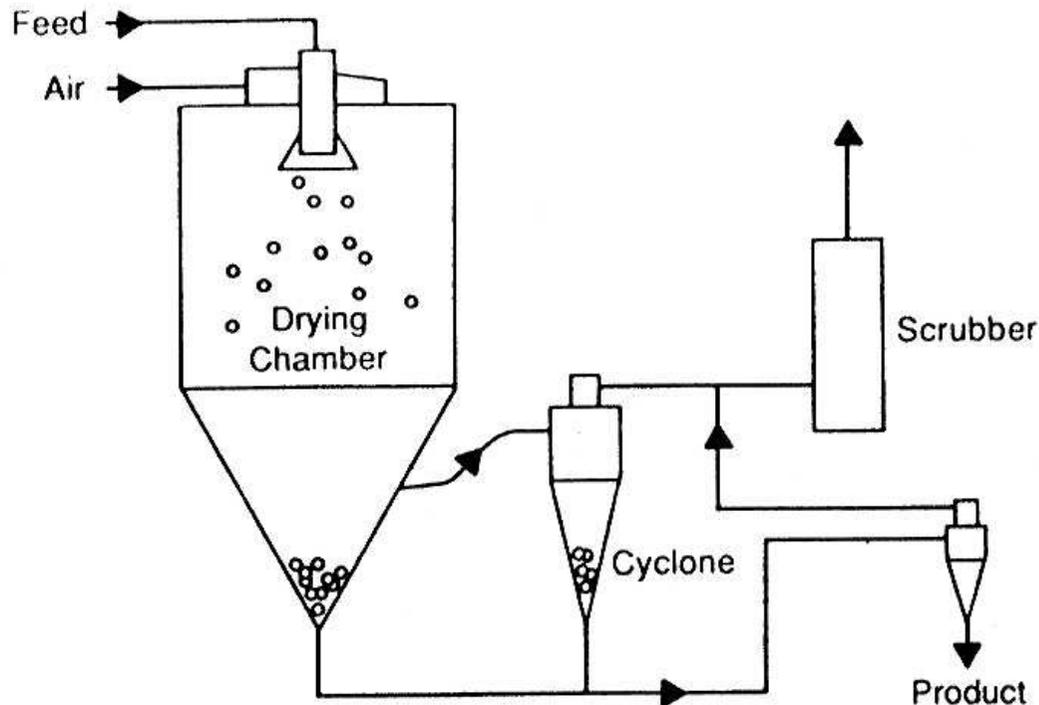
FASI DELLO SPRAY-DRYING

**IL PROCESSO DI SPRAY-DRYING E' COSTITUITO DALLE
SEGUENTI FASI:**

- ◆ **PREPARAZIONE DEL LIQUIDO DI ALIMENTAZIONE**
- ◆ **NEBULIZZAZIONE DEL LIQUIDO IN PICCOLE GOCCIOLINE
ATTRAVERSO UN APPOSITO DISPOSITIVO DETTO
ATOMIZZATORE O UGELLO NEBULIZZATORE (*SPRAY-
NOZZLE*)**
- ◆ **CONTATTO DELLE GOCCIOLINE PER CONTATTO CON UNA
CORRENTE D'ARIA A TEMPERATURA CONTROLLATA, CON
CONSEQUENTE EVAPORAZIONE DEL SOLVENTE ED
OTTENIMENTO DI PARTICELLE SOLIDE**
- ◆ **SEPARAZIONE E RACCOLTA DEL SOLIDO OTTENUTO**

PRINCIPALI COMPONENTI DELLO SPRAY-DRYER

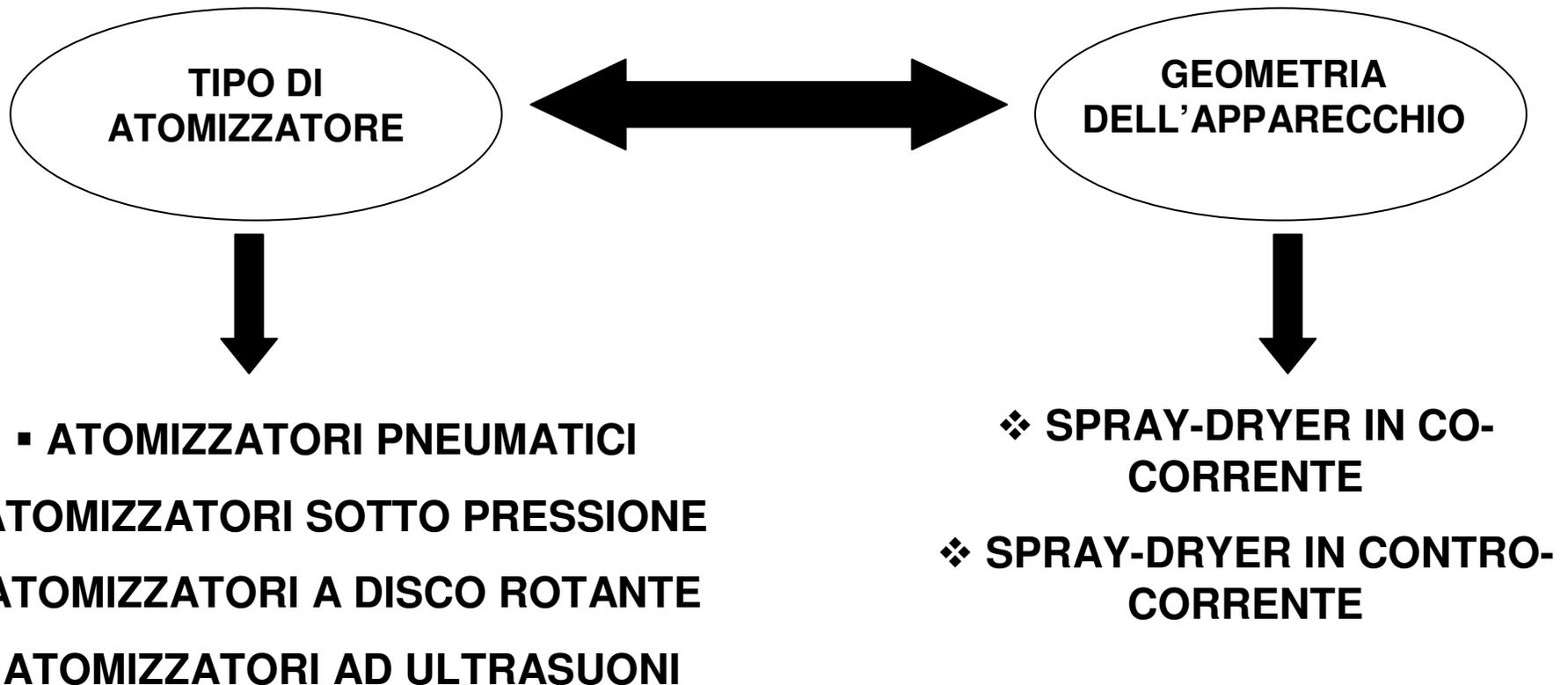
GLI SPRAY-DRYER ATTUALMENTE DISPONIBILI IN COMMERCIO SONO DI DIVERSO TIPO, TUTTAVIA SONO SEMPRE PRESENTI ALCUNI COMPONENTI FONDAMENTALI CHE SONO:



- UN ORGANO DI NEBULIZZAZIONE
- UN RISCALDATORE D'ARIA
- UNA CAMERA DI ESSICCAMENTO
- UN VENTILATORE
- UN CICLONE
- UN COLLETTORE PER LA RACCOLTA DEL PRODOTTO SOLIDO

TIPI DI SPRAY-DRYER

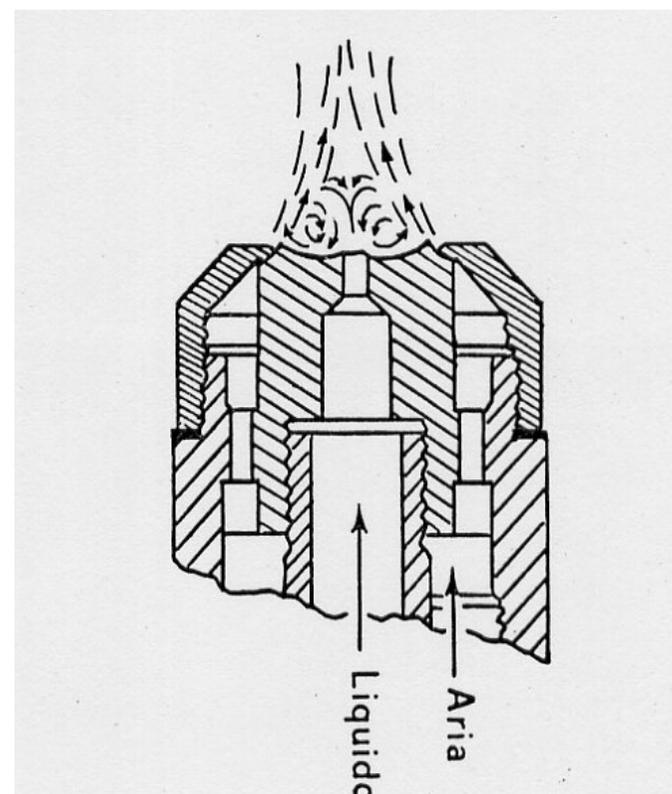
ESISTONO MOLTI TIPI DI SPRAY-DRYER. SI PUO' FARE UNA LORO CLASSIFICAZIONE UTILIZZANDO DUE CRITERI:



ATOMIZZATORI-1

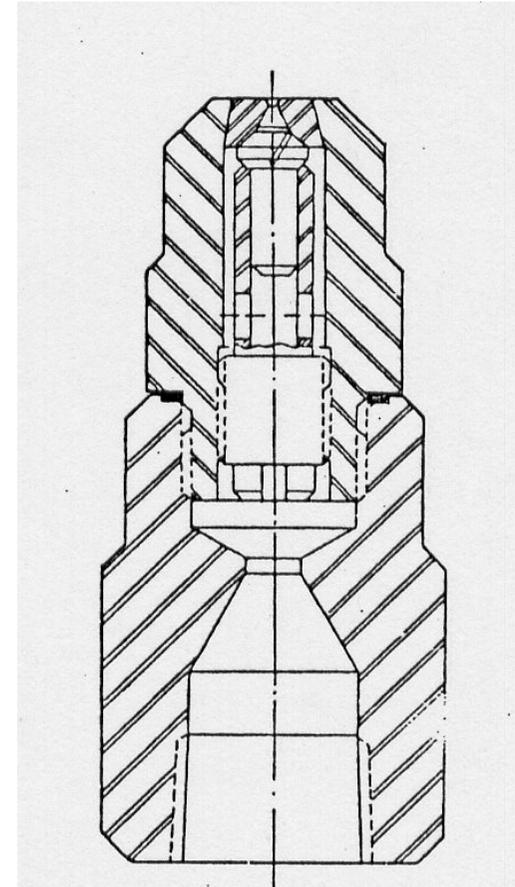
IL SISTEMA DI NEBULIZZAZIONE E' ESTREMAMENTE IMPORTANTE PERCHE' DETERMINA LE DIMENSIONI FINALI DELLE PARTICELLE.

ATOMIZZATORI PNEUMATICI: SONO ANCHE DETTI *AIR ATOMIZER* O ATOMIZZATORI A DUE FLUIDI O A DOPPIA CAMICIA E SONO COSTITUITI DA DUE UGELLI CONCENTRICI; IN QUELLO ESTERNO FLUISCE ARIA AD ALTA VELOCITA', IN QUELLO INTERNO IL LIQUIDO DA ATOMIZZARE. ALL'USCITA I DUE FLUIDI SI MISCELANO ED IL LIQUIDO VIENE FRANTUMATO IN GOCCIOLINE.



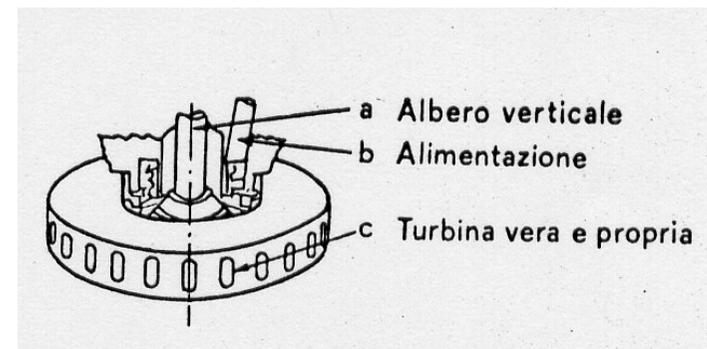
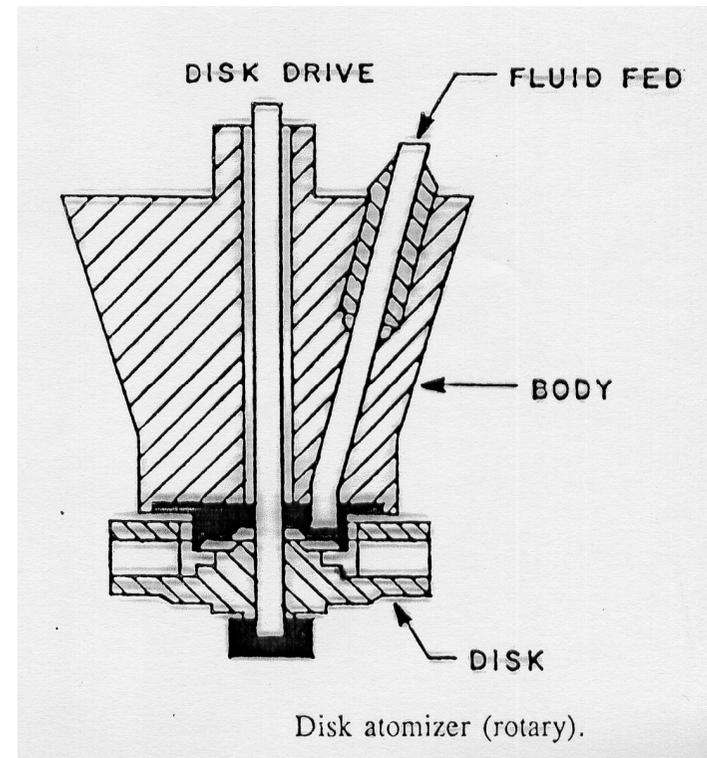
ATOMIZZATORI-2

**ATOMIZZATORI A PRESSIONE:
SONO ANCHE DETTI *AIRLESS*
ATOMIZER. IL LIQUIDO VIENE
SPINTO SOTTO PRESSIONE
ATTRAVERSO L'UGELLO CON
FORMAZIONE DI GOCCIOLINE. SONO
ATOMIZZATORI PARTICOLARMENTE
ADATTI A LIQUIDI CON BASSO
CONTENUTO DI SOLIDI.**



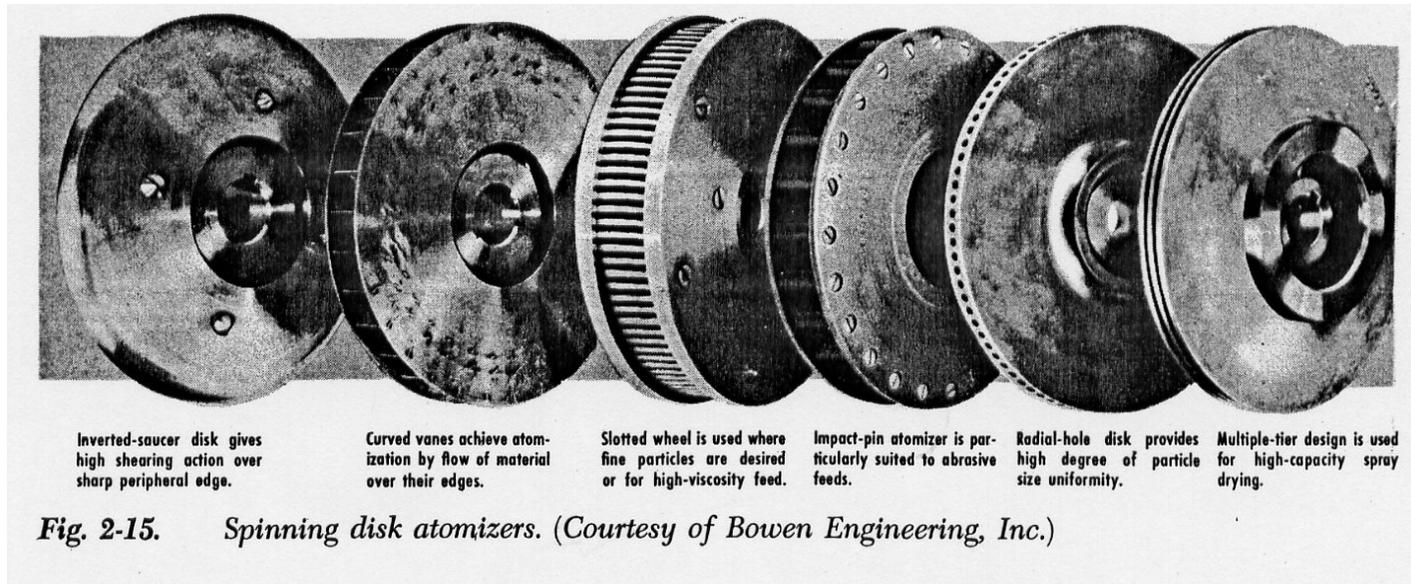
ATOMIZZATORI-3

ATOMIZZATORI A DISCO ROTANTE:
SONO ANCHE DETTI ATOMIZZATORI
A TURBINA. IN QUESTO TIPO DI
ATOMIZZATORI IL LIQUIDO VIENE
FATTO ARRIVARE AL CENTRO DI UN
DISCO IN RAPIDA ROTAZIONE (DA
3000 A 50.000 rpm) E VIENE
SUDDIVISO IN FINI GOCCIOLE
DALLA FORZA CENTRIFUGA. QUESTI
ATOMIZZATORI SONO
PARTICOLARMENTE ADATTI PER
LIQUIDI MOLTO VISCOSI E PER
SOSPENSIONI CHE POTREBBERO
OTTURARE GLI ATOMIZZATORI AD
UGELLO. SONO INOLTRE MOLTO PIU'
VERSATILI DI QUELLI AD UGELLO.



ATOMIZZATORI-4

NEGLI ATOMIZZATORI A DISCO I DISCHI (DIAMETRO DA 2 A 12 POLLICI) POSSONO AVERE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DIVERSE; IN PARTICOLARE LA SUPERFICIE PUO' ESSERE LISCIA O SCANALATA E POSSONO ESSERE PRESENTI FORI O FERITOIE DI VARIO TIPO LUNGO IL BORDO. DA QUESTE CARATTERISTICHE DIPENDONO LE CARATTERISTICHE DELLE PARTICELLE SOLIDE OTTENUTE.



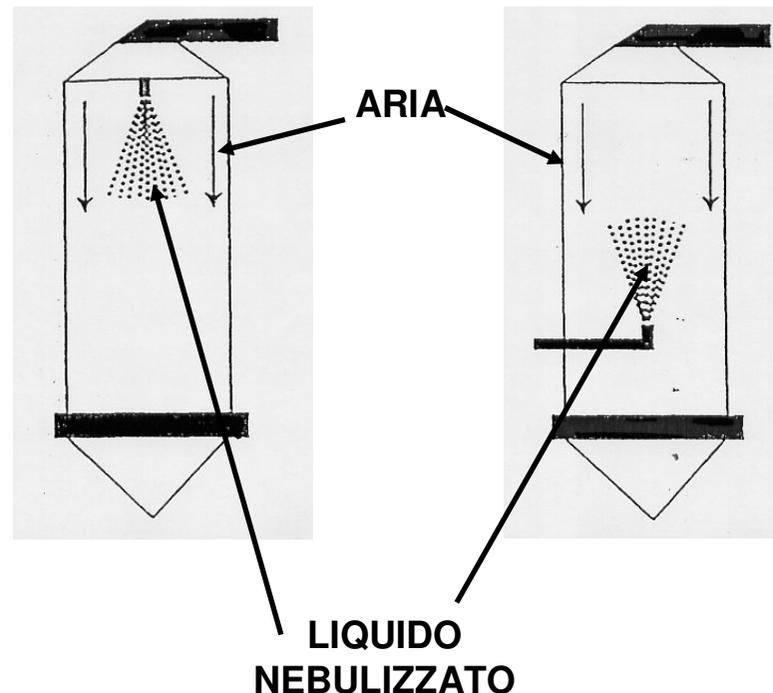
GEOMETRIA DEGLI SPRAY-DRYER

GLI SPRAY-DRYER POSSONO ESSERE CLASSIFICATI USANDO COME CRITERIO LA LORO GEOMETRIA, CIOE' LA DIREZIONE DEL MOVIMENTO DEL LIQUIDO NEBULIZZATO RISPETTO ALLA DIREZIONE DELL'ARIA DI ESSICCAMENTO.

LE PRINCIPALI CONFIGURAZIONI SONO DUE:

SPRAY-DRYER IN CO-CORRENTE

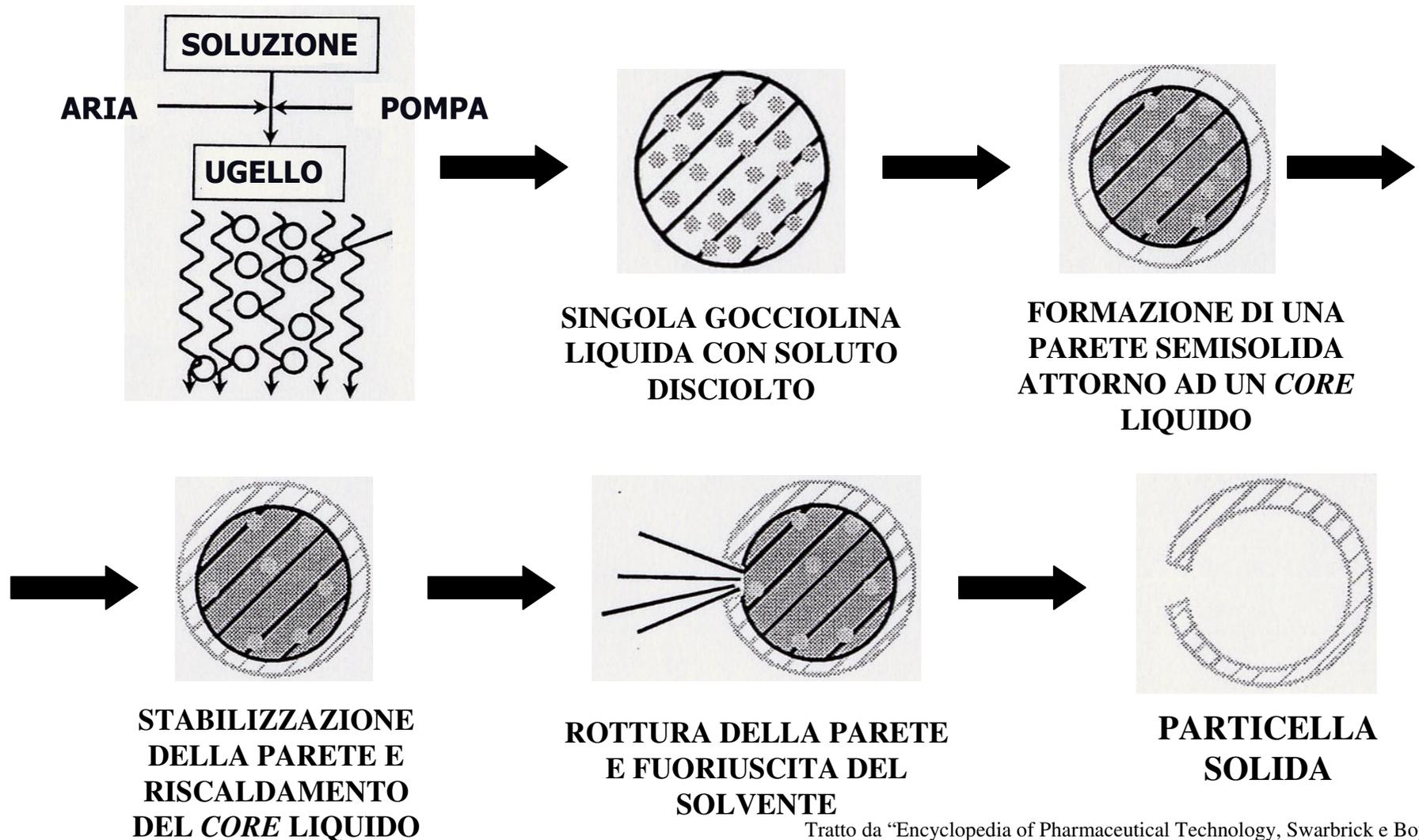
IL LIQUIDO NEBULIZZATO E L'ARIA DI ESSICCAMENTO ATTRAVERSANO LO SPRAY-DRYER NELLA STESSA DIREZIONE



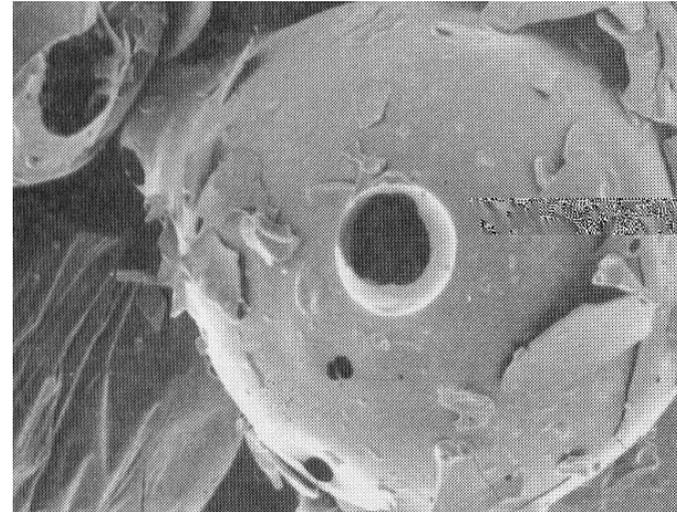
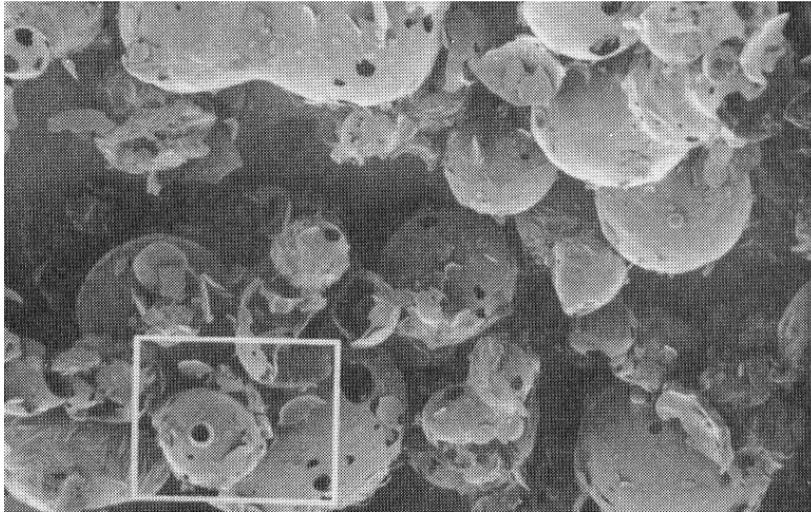
SPRAY-DRYER IN CONTRO-CORRENTE

IL LIQUIDO NEBULIZZATO E L'ARIA DI ESSICCAMENTO ATTRAVERSANO LO SPRAY-DRYER IN DIREZIONE OPPOSTA

PROCESSO DI FORMAZIONE DI PARTICELLE SOLIDE MEDIANTE SPRAY-DRYING

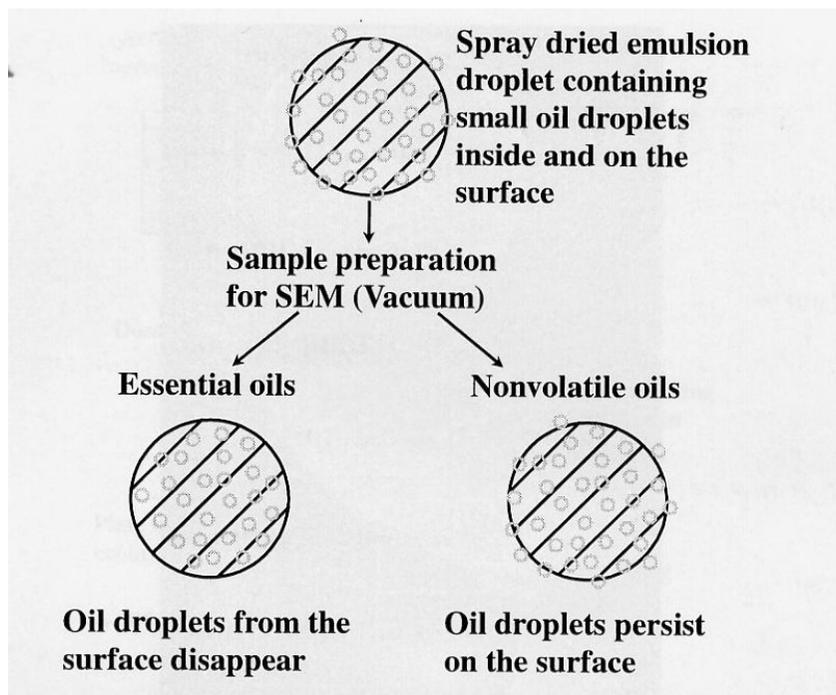


MORFOLOGIA DELLE PARTICELLE OTTENUTE PER SPRAY-DRYING

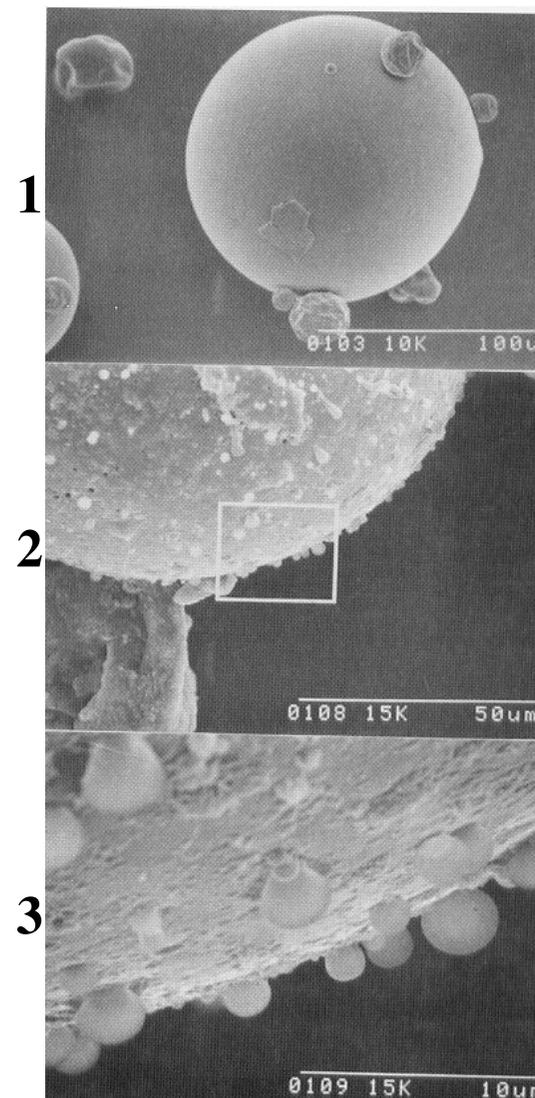


LE PARTICELLE SOLIDE OTTENUTE PER SPRAY-DRYING ED OSSERVATE AL MICROSCOPIO ELETTRONICO RIVELANO SPESSO UNA FORMA SFERICA, CON UN FORO D'USCITA DEL SOLVENTE. A VOLTE PERO' LA MORFOLOGIA E' COMPLETAMENTE DIVERSA (ES., L'ACIDO FUMARICO SPRAY-DRIED E' COSTITUITO DA AGGLOMERATI CRISTALLINI A FORMA DI STELLA, LA L-LEUCINA DA SFERE CAVE FORMATE DA LAMELLE SOVRAPPOSTE).

MORFOLOGIA DELLE PARTICELLE OTTENUTE PER SPRAY-DRYING



DIVERSO ASPETTO ALLA S.E.M. DI PARTICELLE OTTENUTE PER SPRAY-DRYING DI EMULSIONI DI OLIO ESSENZIALE (1, AZULENE) E TOCOFEROLO ACETATO (2,3).



SPRAY-DRYING IN CONDIZIONI ASETTICHE

**E' ANCHE POSSIBILE EFFETTUARE LO SPRAY-DRYING IN
CONDIZIONI ASETTICHE, ALLO SCOPO DI OTTENERE COME
PRODOTTO FINALE PARTICELLE STERILI CHE POSSANO ESSERE
IMPIEGATE IN FORME FARMACEUTICHE STERILI (INIETTABILI,
COLLIRI).**

A TALE SCOPO E' NECESSARIO DISPORRE DI:

- ❖ LIQUIDO DI ALIMENTAZIONE STERILE**
- ❖ ARIA STERILE**
- ❖ SPRAY-DRYER FACILMENTE PULIBILE E STERILIZZABILE NELLE
PARTI CHE VENGONO A CONTATTO COL PRODOTTO STERILE DA
NEBULIZZARE**

PARAMETRI DEL PRODOTTO

I PIU' IMPORTANTI PARAMETRI DEL PRODOTTO CHE POSSONO INFLUENZARE IL RISULTATO FINALE DI UN PROCESSO DI SPRAY-DRYING SONO:

- VISCOSITA'**
- TENSIONE SUPERFICIALE**
- CONTENUTO IN SOLIDI DEL LIQUIDO DI ALIMENTAZIONE**
 - RAPPORTO FARMACO/POLIMERO DEL LIQUIDO DI ALIMENTAZIONE**
- VOLATILITA' DEL SOLVENTE**

PARAMETRI TECNOLOGICI

I PIU' IMPORTANTI PARAMETRI TECNOLOGICI CHE POSSONO INFLUENZARE IL RISULTATO FINALE DI UN PROCESSO DI SPRAY-DRYING SONO:

- TIPODI SPRAY-DRYER**
- TIPO DI ATOMIZZATORE**
- TEMPERATURA DELL'ARIA**
- VELOCITA' DI NEBULIZZAZIONE**

SWIRL-FLUIDIZER™

