

# Appunti del corso di Istituzioni di tecnologia alimentare

## *Parte 7° Essiccamento*

ZEPPA G.  
Università degli Studi di Torino



# ***Stabilizzazione***

**Operazioni in cui si ha la distruzione o l'inibizione di fattori di degradazione quali microrganismi e/o enzimi. Si possono avere contemporaneamente modifiche delle caratteristiche chimiche, strutturali, nutrizionali e sensoriali dei prodotti ottenuti.**

## ***Operazioni unitarie***

- ✦ Pastorizzazione e Sterilizzazione termica
- ✦ Surgelazione
- ✦ **Essiccamento**
- ✦ Liofilizzazione
- ✦ Irraggiamento

## ***Essiccamento***

- E' una Operazione Unitaria in cui l'umidità di un prodotto viene ridotta per evaporazione
- Differisce dalla liofilizzazione che elimina l'acqua per sublimazione
- Differisce dalla concentrazione dove la quantità di acqua eliminata è molto inferiore. In alcuni casi la concentrazione è preliminare alla essiccazione
- Differisce dai processi in cui l'umidità è ridotta per aggiunta di sostanze osmoticamente attive (zucchero, sale)
- Si può avere:
  - essiccamento in corrente d'aria
  - essiccamento per ebollizione

# ***Essiccamento***

## ◆ Vantaggi

- Conservazione maggiore →  $A_w$  più bassa → attività microbica, chimica ed enzimatica minori
- Riduzione peso e/o volume
- Comodità di utilizzo (caffè solubile, latte in polvere ecc.)

## ◆ Svantaggi

- Alterazioni organolettiche e compositive → condizioni ottimali per ogni alimento

# ***Essiccamento***

## ☀ Effetti sulla struttura

- In relazione ai trattamenti preliminari cambia la capacità di reidratazione e la struttura finale del prodotto
- Non si usa per la carne per i cambiamenti troppo spinti

## ☀ Effetti sulle caratteristiche sensoriali

- Con l'essiccamento si perdono aromi → importante il tipo di processo
- L'essiccamento consente la penetrazione di O<sub>2</sub> → ossidazione

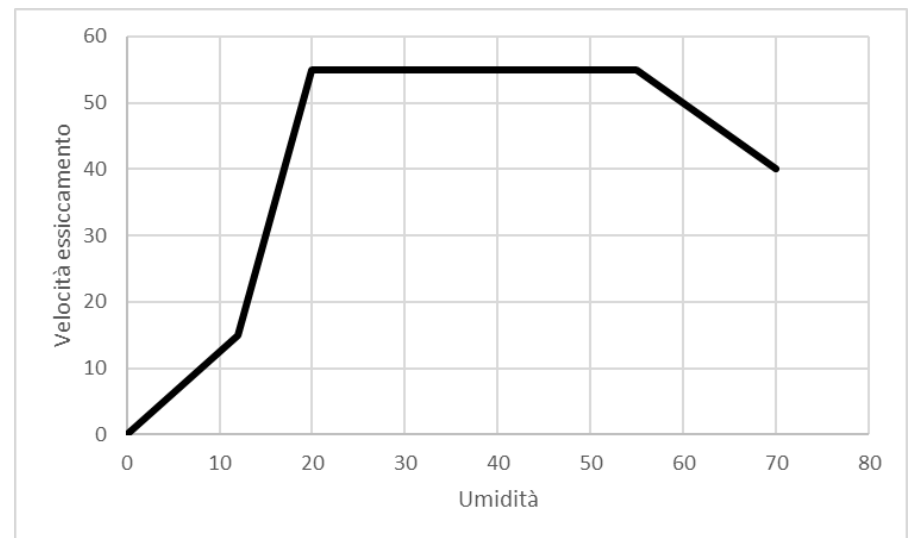
## ☀ Effetti sul colore

- Si ha perdita di pigmenti → necessario il blanching ed additivi
- Possibili reazioni di Maillard

## ☀ Effetti sul valore nutrizionale

- Dipendono dal processo utilizzato

- L'essiccamento comporta un contemporaneo trasporto di materia (il liquido che evapora si trasferisce dal prodotto all'ambiente circostante) e di energia (il calore passa per conduzione e/o convezione e/o irraggiamento dal mezzo riscaldante al prodotto)
- La velocità di essiccamento dipende da:
  - ✓ coefficienti di trasferimento di calore e di massa
  - ✓ area esposta al mezzo essicante
  - ✓ differenza di temperatura o di umidità fra la corrente d'aria e la superficie del prodotto da essicare
- La velocità di essiccamento risulta direttamente proporzionale alla diffusività del materiale ed al contenuto in acqua libera mentre risulta inversamente proporzionale al quadrato dello spessore del prodotto



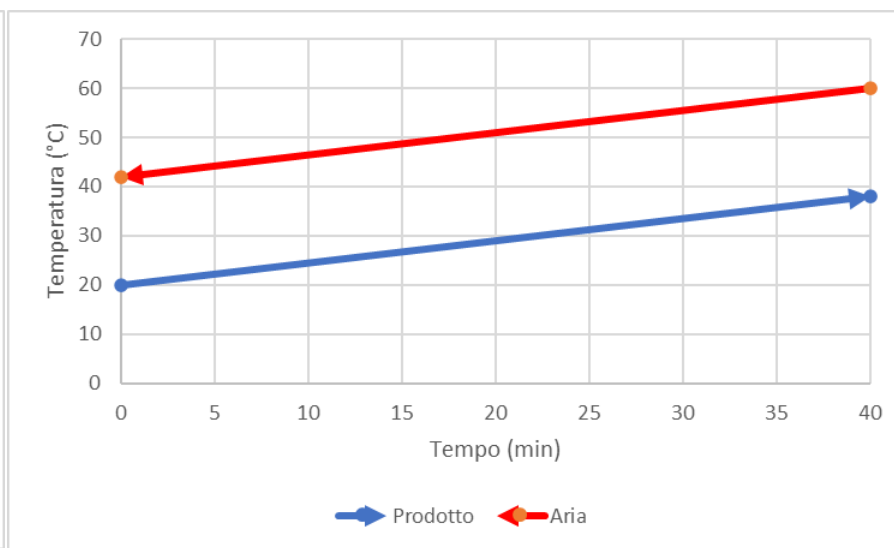
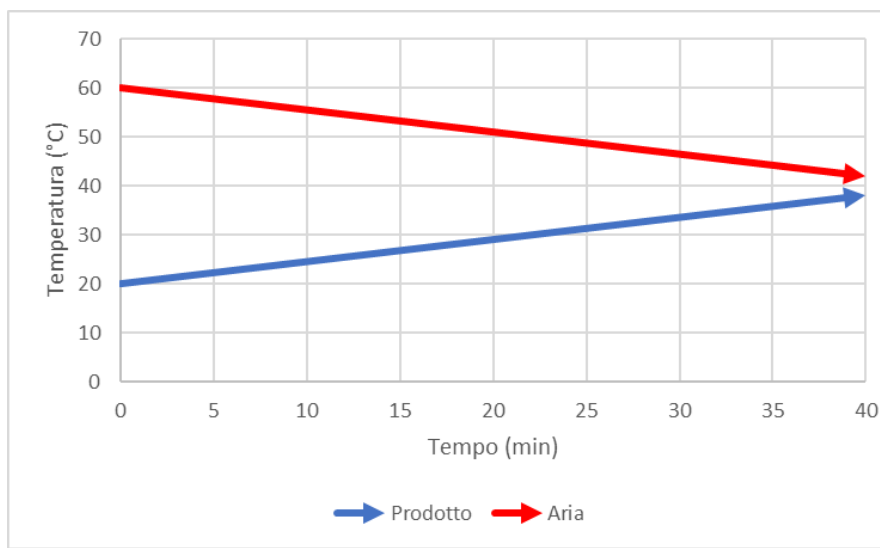
● Un essiccatore è formato da due parti, uno scambiatore di calore dove l'aria ambiente viene portata alla temperatura necessaria per l'essiccamento ed un essiccatore dove si ha lo scambio di calore e materia fra l'aria ed il prodotto

● E' necessario dimensionare l'impianto così da minimizzare i costi energetici e massimizzare gli standard qualitativi del prodotto (aspetto, caratteri sensoriali, conservabilità ecc.)

● L'essiccamento può essere *continuo* o *discontinuo*

● L'essiccamento può essere *diretto* (il mezzo essiccante è una corrente d'aria calda) o *indiretto* (il calore viene trasmesso attraverso superfici metalliche)

● L'essiccamento può essere in *equi-corrente* o in *contro-corrente*



## ***Essiccamento***

- ◆ Un essiccatore è formato da due parti, uno **scambiatore di calore** dove l'aria ambiente viene portata alla temperatura necessaria per l'essiccamento ed un **essiccatore** dove si ha lo scambio di calore e materia fra l'aria ed il prodotto
- ◆ E' necessario dimensionare l'impianto così da minimizzare i costi energetici e massimizzare gli standard qualitativi del prodotto (aspetto, caratteri sensoriali, conservabilità ecc.)



# Essiccamento

## Essiccatori per convezione

|                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| <b>Spray</b>              | A ciclo aperto             |
|                           | A ciclo chiuso             |
| <b>A letto di schiuma</b> |                            |
| <b>A tunnel</b>           | In equicorrente            |
|                           | In controcorrente          |
|                           | Misto                      |
| <b>A nastro</b>           | A circolazione tangenziale |
|                           | A circolazione normale     |
| <b>A cilindro rotante</b> |                            |
| <b>Flash</b>              | Ad aria calda              |
|                           | A vapore surriscaldato     |
| <b>A letto fluido</b>     | Discontinuo                |
|                           | Continuo                   |
| <b>Ad armadio</b>         |                            |

## Essiccatori per ebollizione

|                     |                                  |                                   |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller) | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                     |                                  | Sotto vuoto                       |
|                     | A doppio cilindro                |                                   |
| Ad intercapedine    | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                     |                                  | A tubi di vapore                  |
| Sotto vuoto         | A canale, vite senza fine o pale |                                   |
|                     | A nastro                         |                                   |
|                     | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                     | A camera ruotante                |                                   |
|                     | Ad armadio                       |                                   |

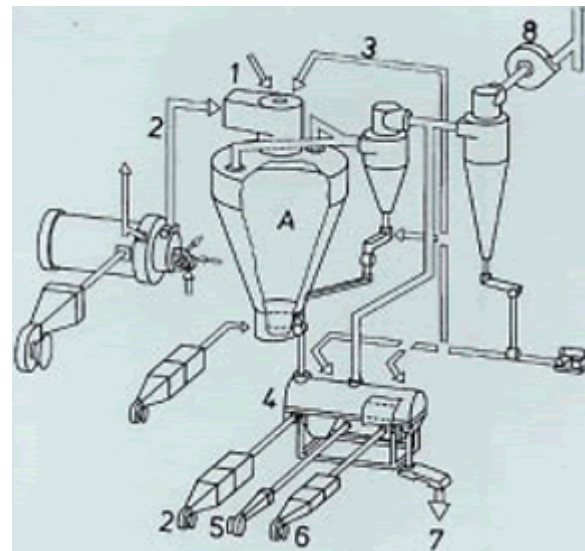
# Essiccamento

| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

E' il sistema più importante per l'essiccamento di liquidi (latte, estratti di caffè ed orzo, succhi, lieviti ecc.) Il prodotto viene nebulizzato in una camera contenente aria calda. In genere le polveri ottenute sono sottoposte ad istantaneizzazione.

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 esplosivi od i prodotti richiedono un gas inerte per l'essiccamento e quindi il fluido essiccante è riciclato.

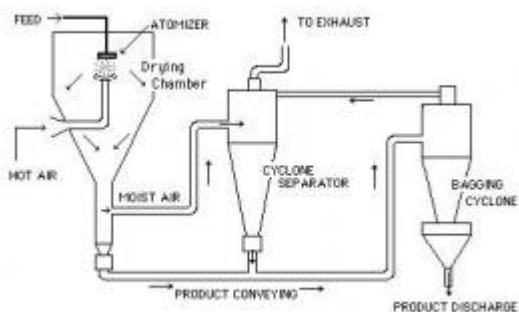


L'essiccazione spray si divide in tre fasi:

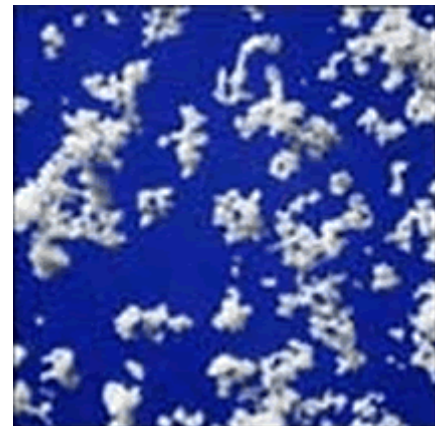
✗ **atomizzazione** : il prodotto viene nebulizzato grazie ad una corrente d'aria in particelle di 50-250  $\mu\text{m}$ . L'aria utilizzata ha temperature di 180-220  $^{\circ}\text{C}$ .

✗ **essiccamento** : le gocce, prima di cadere sulla parete essiccano. Le pareti sono pulite da spazzole od altri sistemi

✗ **recupero polvere** : 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.



Istit 5



# Essiccamento

| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

E' una tecnica recente che consente di ottenere polveri ben disidratate e reidratabili.

Il prodotto, unito ad emulsionanti viene posto su un nastro sotto forma di schiuma.

Un leggero flusso d'aria provoca dei crateri nella schiuma

Il prodotto esce come scaglie

La velocità è elevata, il processo si può modificare velocemente ed è continuo.

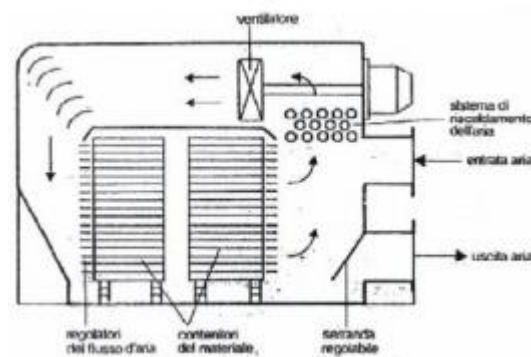
Non tutti i prodotti sono trattabili con emulsionanti (lecitina, mono/digliceridi ecc.) → in Italia solo per prodotti dolciari

# Essiccamento

| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

Sono ad utilizzo continuo e sono costituiti da una camera ove sono posti dei carrelli a ripiani sui quali sono posti i prodotti da essiccare (uva, vegetali, frutta ecc.).

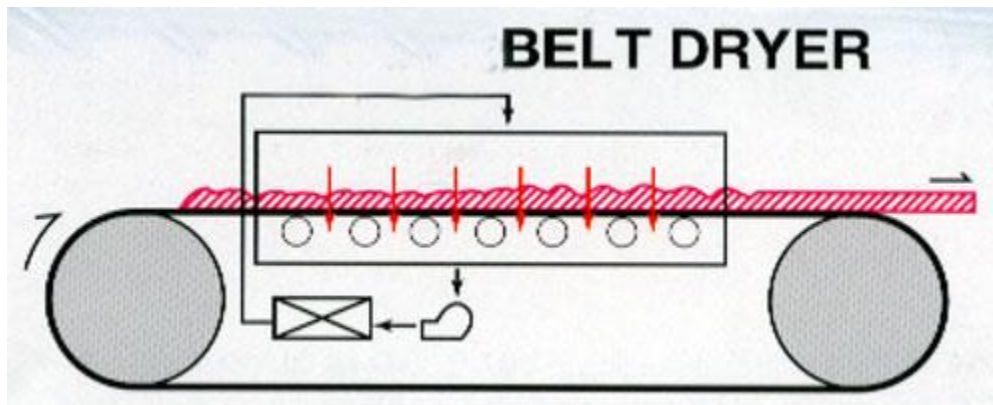
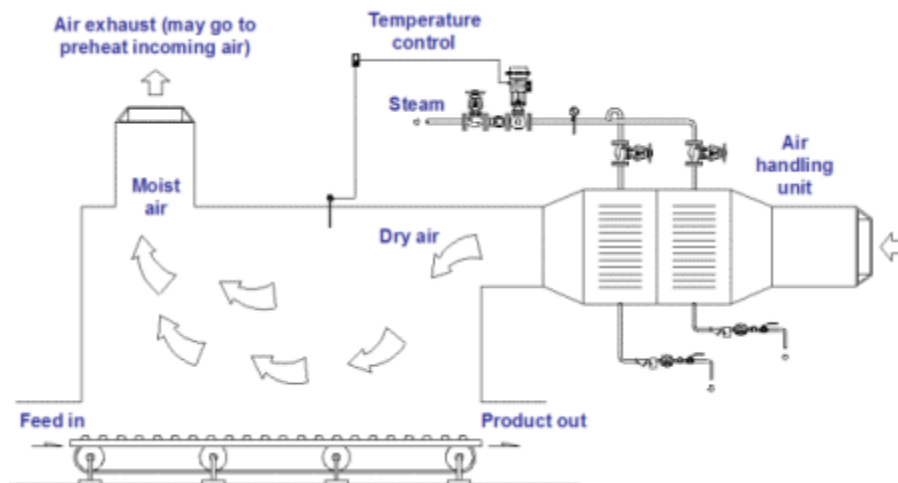
I carrelli possono muoversi nel tunnel sia in equi- che in contro-corrente rispetto al flusso di aria calda



# Essiccamento

| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

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.





- Spessore strato 2.5 – 15 cm
- Larghezza nastro 0.3 - 2.5 m
- Lunghezza nastro 5 – 50 m



TEL: 886-2-29910109



# Essiccamento

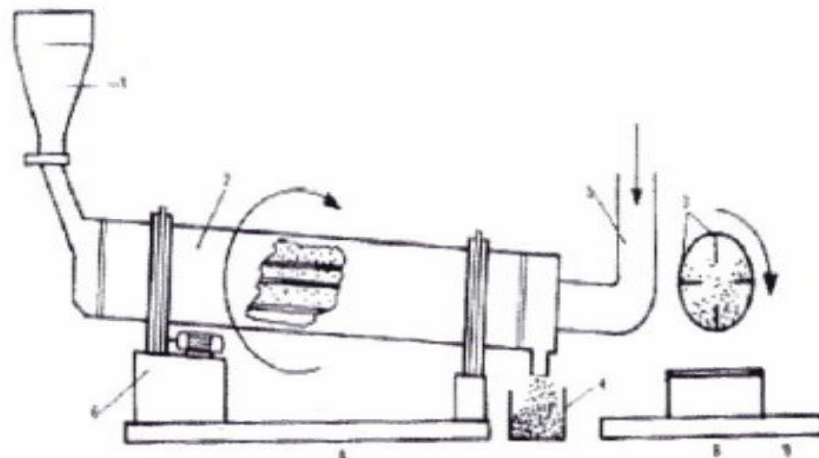
| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

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. Questo tipo di essiccatore non può essere utilizzato per sostanze termolabili od ossidabili.

Diametro 30 – 300 cm

Lunghezza 4 – 10 volte il diametro

Velocità rotazione 10 – 50 m/min

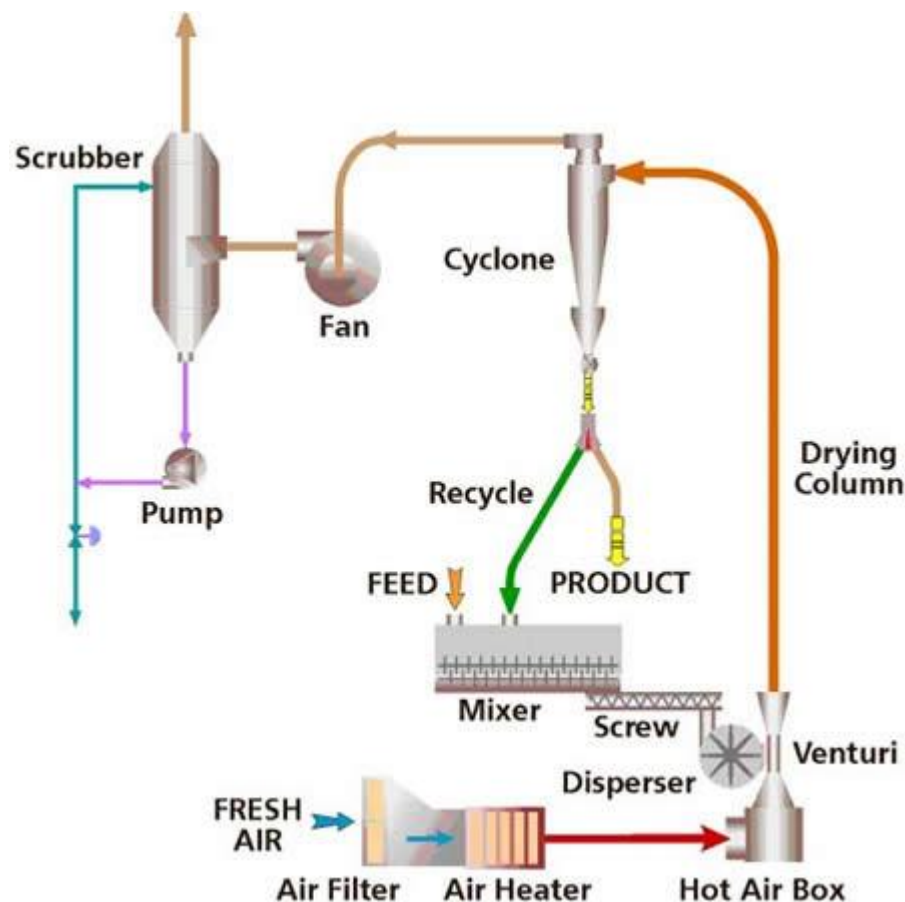




# Essiccamento

| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

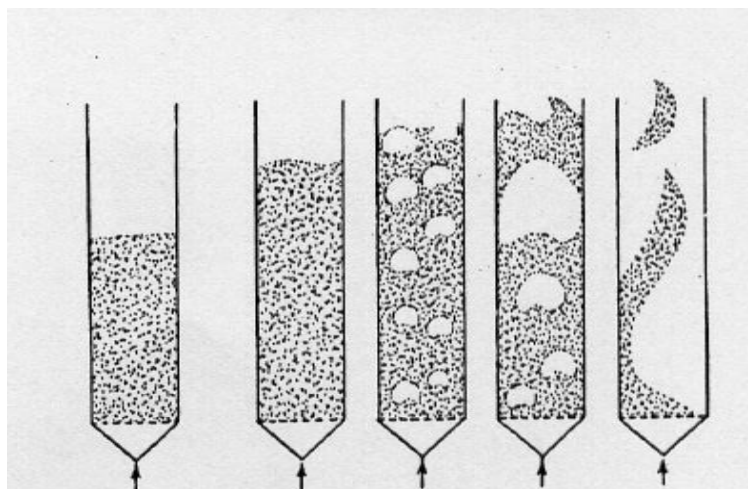
Il prodotto, in forma di granuli o fiocchi incontra una corrente d'aria calda che lo trascina lungo un tubazione sino ad un ciclone separatore. L'essiccazione dura solo pochi secondi. In alcuni casi si utilizza vapore surriscaldato che evita il contatto con l'aria

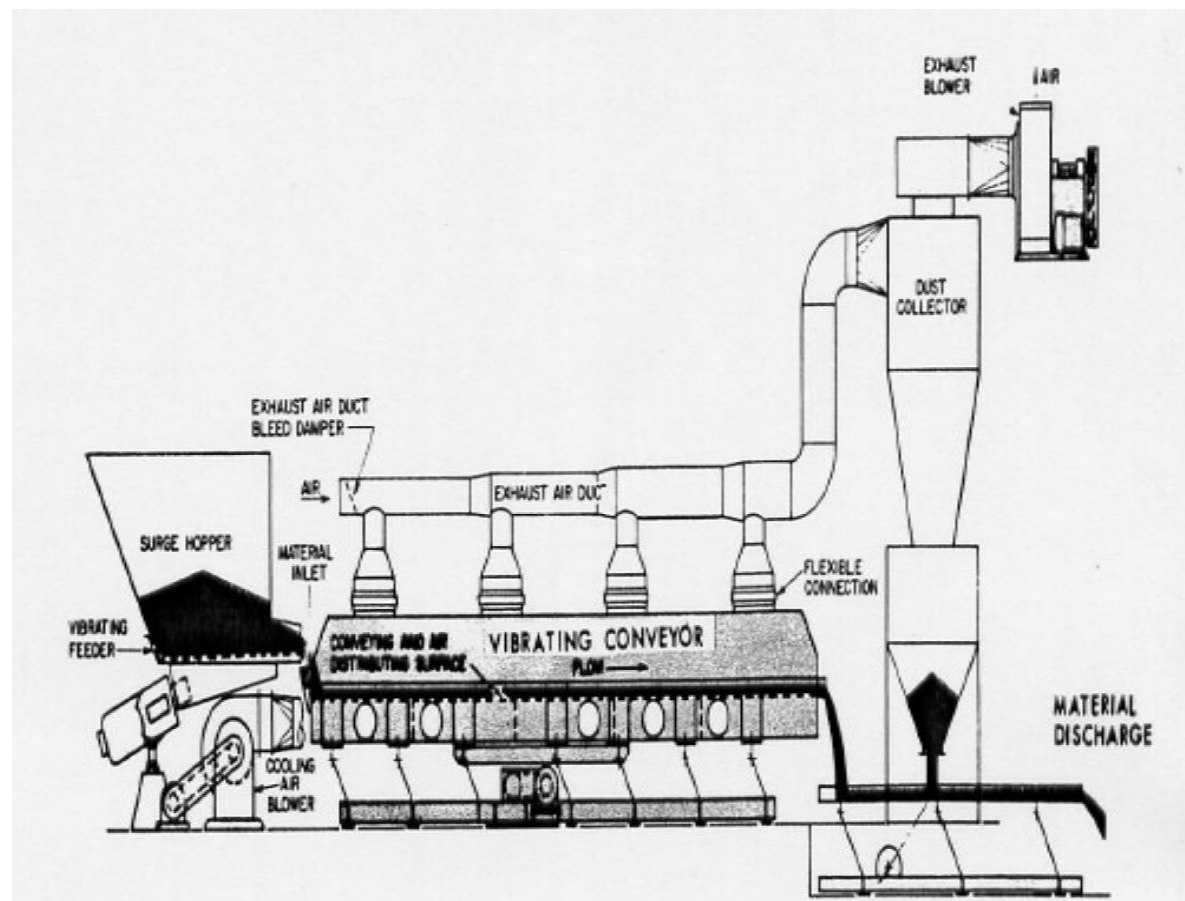


# Essiccamento

| Essiccatori per convezione |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| Spray                      | A ciclo aperto             |
|                            | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma         |                            |
| A tunnel                   | In equicorrente            |
|                            | In controcorrente          |
|                            | Misto                      |
| A nastro                   | A circolazione tangenziale |
|                            | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante         |                            |
| Flash                      | Ad aria calda              |
|                            | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido             | Discontinuo                |
|                            | Continuo                   |
| Ad armadio                 |                            |

Sono essiccatori a convezione, continui o discontinui adatti per prodotti granulari.  
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





# Essiccamento

| Essiccatori per convenzione |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Spray                       | A ciclo aperto             |
|                             | A ciclo chiuso             |
| A letto di schiuma          |                            |
| A tunnel                    | In equicorrente            |
|                             | In controcorrente          |
|                             | Misto                      |
| A nastro                    | A circolazione tangenziale |
|                             | A circolazione normale     |
| A cilindro rotante          |                            |
| Flash                       | Ad aria calda              |
|                             | A vapore surriscaldato     |
| A letto fluido              | Discontinuo                |
|                             | Continuo                   |
| Ad armadio                  |                            |

E' un essiccatore discontinuo in cui i prodotti sono posti in un armadio dove una corrente d'aria calda tangente o normale al prodotto ne provoca l'essiccamento. E' uno dei più semplici, anche con applicazioni casalinghe. Se il flusso è tangente può essere usato anche con liquidi posti in vassoi.



CT-70

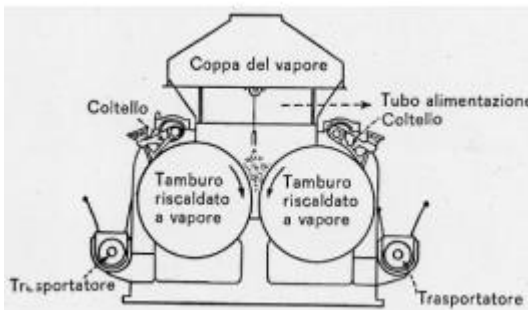
Application to all kinds of meat, meat products, dried scallop meat, dried fruits, agriculture products medicine, industrial metal and parts.



# Essiccamento

| Essiccatori per ebollizione |                                  |                                   |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller)         | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                             |                                  | Sotto vuoto                       |
|                             | A doppio cilindro                |                                   |
| Ad intercapedine            | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                             |                                  | A tubi di vapore                  |
|                             | A canale, vite senza fine o pale |                                   |
| Sotto vuoto                 | A nastro                         |                                   |
|                             | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                             | A camera ruotante                |                                   |
|                             | Ad armadio                       |                                   |

Il prodotto viene stratificato sulla superficie di un cilindro rotante riscaldato internamente con vapore. L'acqua evapora e lascia uno strato di prodotto essiccato che viene allontanato mediante coltelli raschiatori.



# Essiccamento

| Essiccatori per ebollizione |                                  |                                   |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller)         | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                             |                                  | Sotto vuoto                       |
|                             | A doppio cilindro                |                                   |
| Ad intercapedine            | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                             |                                  | A tubi di vapore                  |
| Sotto vuoto                 | A canale, vite senza fine o pale |                                   |
|                             | A nastro                         |                                   |
|                             | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                             | A camera ruotante                |                                   |
|                             | Ad armadio                       |                                   |

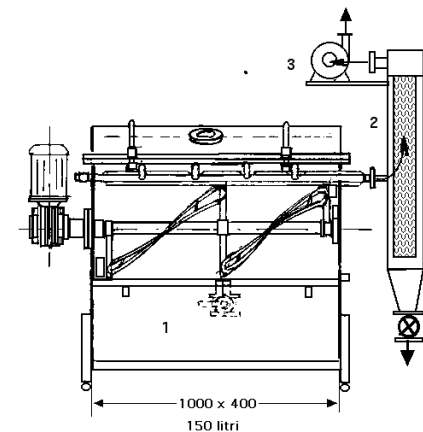
Il calore viene fornito da una intercapedine esterna al contenitore del prodotto ove ruotano degli agitatori a pale o da una struttura che riscalda il prodotto (tubi di vapore)



# Essiccamento

## Essiccatori per ebollizione

|                     |                                  |                                   |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller) | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                     | A doppio cilindro                | Sotto vuoto                       |
| Ad intercapedine    | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                     | A canale, vite senza fine o pale | A tubi di vapore                  |
| Sotto vuoto         | A nastro                         |                                   |
|                     | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                     | A camera ruotante                |                                   |
|                     | Ad armadio                       |                                   |



# Essiccamento

| Essiccatori per ebollizione |                                  |                                   |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller)         | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                             |                                  | Sotto vuoto                       |
|                             | A doppio cilindro                |                                   |
| Ad intercapedine            | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                             |                                  | A tubi di vapore                  |
|                             | A canale, vite senza fine o pale |                                   |
| Sotto vuoto                 | A nastro                         |                                   |
|                             | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                             | A camera ruotante                |                                   |
|                             | Ad armadio                       |                                   |

Si tratta di evaporatori che lavorano sotto vuoto così da poter utilizzare una temperatura più bassa.

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



# Essiccamento

## Essiccatori per ebollizione

|                     |                                  |                                   |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller) | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                     |                                  | Sotto vuoto                       |
|                     | A doppio cilindro                |                                   |
| Ad intercapedine    | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                     |                                  | A tubi di vapore                  |
|                     | A canale, vite senza fine o pale |                                   |
| Sotto vuoto         | A nastro                         |                                   |
|                     | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                     | A camera ruotante                |                                   |
|                     | Ad armadio                       |                                   |

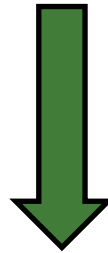


# Essiccamento

| Essiccatori per ebollizione |                                  |                                   |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| A cilindro (roller)         | A cilindro singolo               | A pressione atmosferica           |
|                             | A doppio cilindro                | Sotto vuoto                       |
| Ad intercapedine            | A cilindro singolo               | A vite senza fine, spirale o pale |
|                             | A canale, vite senza fine o pale | A tubi di vapore                  |
| Sotto vuoto                 | A nastro                         |                                   |
|                             | A camera fissa con agitatore     |                                   |
|                             | A camera ruotante                |                                   |
|                             | Ad armadio                       |                                   |



- ☹ L'essiccamento ad alta temperatura determina cambiamenti nel prodotto quali ossidazioni, modifiche di colore, indurimento, perdita di valore nutrizionale
- ☹ Questi cambiamenti sono direttamente correlati alle condizioni di essiccamento e divengono sempre più accentuati quanto più elevata è la temperatura di essiccamento



**Essiccazione a bassa temperatura**

# Essiccazione a bassa temperatura

Eliminazione dell'acqua a temperatura ambiente o più bassa.

- ☺ Esponente principale di questa categoria è la **liofilizzazione** dove l'acqua in fase di ghiaccio viene eliminata per sublimazione
- ☺ Le applicazioni sono numerose : caffè, the, succhi di frutta, frutta esotica, prodotti dietetici e per l'infanzia, minestroni vari, prodotti vari di ristorazione
- ☺ Possibile alternativa è la **evaporazione a temperatura ambiente** con aria ambiente ampiamente utilizzata nella essiccazione dei cereali
- ☺ Molto lenta con possibili alterazioni del prodotto immagazzinato che resta in condizioni di elevata umidità per tempi lunghi ed ha il problema di essere dipendente dalle condizioni di umidità esterna

- ☺ Ulteriore possibilità è la **evaporazione a temperatura ambiente con aria essiccata** in cui l'aria viene essiccata mediante passaggio su sostanze deessiccanti o su serpentine refrigeranti che congelano l'umidità dell'aria stessa
- Qualità dei prodotti molto elevata per le temperature del processo ma tempi molto lunghi e costi elevati per la presenza dell'impianto frigorifero che deve garantire il congelamento dell'acqua liberata dal prodotto

