

Progetto e Impianti

Una corretta pulizia dell'aria interna riveste un ruolo di grande importanza in molti processi produttivi, particolarmente nell'ambito dell'industria alimentare.

Aria pulita nell'industria alimentare

di Cristiano Vergani

I prodotti alimentari costituiscono un nutrimento ideale per i contaminanti batterici e fungini, la cui proliferazione può essere favorita da determinate condizioni microclimatiche. L'aria di ventilazione può facilmente rappresentare un veicolo di contaminazione oppure, trattata in modo appropriato, un indispensabile mezzo di prevenzione.

Nella moderna industria alimentare, la maggior parte degli ambienti di produzione è dotata di un impianto di trattamento in grado di assicurare un elevato livello di qualità dell'aria, a tutela delle qualità organolettiche e della salubrità del prodotto. L'impianto deve inoltre garantire un adeguato livello di comfort e di tutela della salute dei lavoratori. Per questi motivi, i parametri ambientali di temperatura, umidità e concentrazione delle particelle contaminanti dovranno essere controllati in modo costante ed efficace. Alcuni prodotti, particolarmente vulnerabili, possono richiedere degli accorgimenti supplementari, in modo da ridurre al minimo i rischi di contaminazione. Anche l'aria di processo che può entrare in contatto con gli alimenti deve essere opportunamente trattata.

Il controllo dell'umidità e della temperatura dell'aria è essenziale per ridurre o eliminare la proliferazione di alcuni specifici microrganismi nei reparti produttivi e di stoccaggio. Per ridurre ad un livello accettabile i contaminanti biologici, la concentrazione delle particelle aerotrasportate deve essere messa sotto controllo: questo obiettivo può essere ottenuto attraverso un'efficace filtrazione dell'aria, a condizione di mantenere una sufficiente sovrappressione negli ambienti trattati ed una attenta prevenzione delle cariche infettanti che possono essere veicolate per via non aerogena (contatto diretto con abbigliamento, mezzi di trasporto, attrezzature e materiale di consumo).

All'interno di un edificio produttivo, il livello di qualità dell'aria dovrà essere prescelto, nelle varie zone, in relazione al tipo di lavorazione effettuata sul prodotto: in genere, l'approccio più conveniente è quello di prevedere, per l'impianto a servizio dell'intero volume

interessato, un grado di filtrazione sull'aria esterna relativamente elevato (secondo i riferimenti normativi vigenti, ma in ogni caso di classe non inferiore a F9 secondo la norma UNI EN 779), in modo da ottenere un buon livello "di fondo" generale. In questo modo, sarà più semplice intervenire con trattamenti locali più spinti negli ambienti a rischio, preservando nel contempo tutti i componenti d'impianto da eccessive contaminazioni. Nelle zone ad elevate esigenze igieniche, si potrà intervenire con unità di trattamento aria indipendenti, che agiranno sull'aria secondaria con un'ulteriore filtrazione di grado più spinto (HEPA). Utilizzando aria già efficacemente prefiltrata, i filtri ad alta efficienza mostreranno una vita operativa molto più prolungata, con un notevole risparmio economico di gestione.

Un altro vantaggio, conseguente al fatto di impiegare una filtrazione primaria di buon livello, consiste nella possibilità di utilizzare canalizzazioni in tessuto per la distribuzione e la diffusione dell'aria nel volume principale. Questo tipo di soluzione è in genere preferibile per una serie di motivi:

- leggerezza della struttura;
- economicità e rapidità di installazione;
- flessibilità ed efficienza nelle modalità di diffusione dell'aria, secondo le varie necessità (a bassissima velocità utilizzando tessuto uniformemente permeabile, oppure attraverso getti d'aria ad induzione per mezzo di fori praticati in un tessuto non permeabile);
- pulizia periodica effettuata esternamente all'ambiente trattato, rimuovendo le canalizzazioni con sistema bag-in / bag-out, con minore possibilità di contaminazioni secondarie, rispetto alla pulizia *in loco* delle canalizzazioni metalliche;

D'altra parte, la gestione delle canalizzazioni in tessuto potrebbe diventare problematica impiegando dell'aria non sufficientemente prefiltrata, perché gli interventi di pulizia diverrebbero troppo frequenti e di difficile esecuzione.

Nelle zone più critiche, che richiedono un livello di qualità dell'aria molto elevata, si utilizzano solo condotte metalliche a tenuta rinforzata, realizzate preferibilmente in acciaio inossidabile.

Utilizzo differenziato dell'aria

Una volta termicamente trattata, filtrata e distribuita, l'aria deve essere opportunamente utilizzata all'interno dei reparti.

L'utilizzo dell'aria nell'industria alimentare può essere sommariamente distinto in due categorie, l'aria ambientale e l'aria di processo.

La categoria ambientale comprende diverse tipologie:

- zone di stoccaggio delle materie prime;
- operazioni preliminari di preparazione alla lavorazione;
- zone di cottura;
- tunnel di congelamento;
- zone di preparazione ad elevata tutela contro le contaminazioni;
- confezionamento;
- stoccaggio del prodotto finito
- spazi ad uso ufficio
- locali di contenimento vasche e serbatoi.

Non tutte queste zone richiedono aria condizionata e filtrata allo stesso livello. La selezione opportuna si effettua in base alle caratteristiche specifiche della lavorazione ed al layout dello stabilimento.

L'aria di processo è invece suddivisa in molteplici applicazioni, tra le quali devono essere considerate principalmente le seguenti:

- ventilazione diretta di macchine con flussi laminari ultrafiltrati e sterilizzati;
- aria di alimentazione per essiccatori e macchine di trattamento a letto flottante;
- sistemi di movimentazione pneumatica dei semilavorati;
- fornitura di aria compressa.

Per evitare costi eccessivi, le zone o le applicazioni molto esigenti in termini di qualità dell'aria devono essere accuratamente confinate ed alimentate da specifiche unità di

trattamento, che utilizzano l'aria ambiente del volume principale già opportunamente pretrattata e distribuita uniformemente per mezzo di diffusori sospesi.

Un importante principio da osservare, è quello che prevede sempre un gradiente di pressione positivo dalle zone meno contaminate verso quelle più inquinate: così il volume principale sarà mantenuto sempre in sovrappressione rispetto all'esterno, mentre le zone ulteriormente confinate e filtrate ad alta efficienza dovranno essere sempre in sovrappressione rispetto all'ambiente che le ospita.

Un aspetto particolarmente critico è rappresentato dalle zone di cottura provviste di cappe per l'evacuazione di fumi e vapori, che richiedono elevati flussi di aspirazione per assicurare una captazione efficace. In questi casi, è conveniente portare delle linee dedicate di ventilazione in prossimità delle cappe, alimentate con aria esterna pre-filtrata in modo non eccessivamente spinto. In questo modo, si eviterà di espellere inutilmente grandi quantità di aria ad un livello di qualità più "pregiato". Il sistema dovrà poi essere accuratamente bilanciato in modo da non perturbare i gradienti di pressione necessari ad evitare le possibili migrazioni dei contaminanti.

Selezione ed utilizzo dei filtri

Per quanto riguarda la filtrazione dell'aria esterna, è necessario utilizzare dei prefiltri ad elevato valore di arrestanza, di classe G3 o meglio G4 secondo la norma EN 779, seguiti da filtri di media efficienza di classe da F8 a F9. In caso di concentrazioni di inquinanti esterne molto elevate, converrà utilizzare due ordini di filtri in serie, lasciando il filtro più efficiente in coda. La scelta di filtri di efficienza più elevata possibile, in rapporto alla massima perdita di carico accettabile, è molto importante per preservare i rami di impianto a valle e prolungare la vita operativa dei filtri ad altissima efficienza utilizzati nelle unità di trattamento secondarie poste all'interno dello stabilimento. Sull'unità esterna, la maggior parte delle installazioni attuali prevede l'utilizzo di filtri a tasche rigide. Alcuni impianti recenti, realizzati in zone ad elevato carico di inquinanti, sono stati realizzati con U.T.A. dotate di filtri elettrostatici. Questa scelta permette, in presenza di condizioni operative molto gravose, di raggiungere efficienze di filtrazione molto elevate per lunghi periodi di tempo, pur mantenendo delle perdite di carico decisamente contenute. In questo modo è possibile contenere i costi di esercizio, tenendo conto che i filtri elettrostatici non devono

essere sostituiti periodicamente, ma possono essere rigenerati con un normale lavaggio (alcune unità di trattamento sono dotate di sistemi automatici di rigenerazione, mentre in altre è necessario estrarre i filtri per la pulizia o la sostituzione con filtri di scorta già puliti).

I filtri delle unità secondarie, poste all'interno degli ambienti di produzione, sono invece dei filtri di tipo semiassoluto od assoluto, di classe da H10 a H14 secondo la norma EN 1822. Da notare che il loro posizionamento differisce rispetto a quello nelle unità esterne: in queste ultime, i filtri sono posti a monte dei ventilatori, mentre nelle unità interne ad alta efficienza, la regola è quella di posizionare i filtri il più vicino possibile al punto di utilizzo dell'aria purificata, quindi a valle del ventilatore, a ridosso del terminale di uscita. In questo modo, si ha la sicurezza di trattenere qualsiasi contaminante eventualmente infiltratosi, ma, dato l'elevato valore di perdite di carico introdotte dai filtri di classe H, la condotta dell'aria trattata si troverà ad un elevato livello di pressione. Per questo motivo, la lunghezza di tali condotte deve essere la minima possibile e, per la loro costruzione, devono essere osservati particolari accorgimenti per ottimizzarne la tenuta. Di conseguenza, anche la struttura del filtro e dell'alloggiamento dovranno essere tali da offrire le massime garanzie contro la presenza di eventuali trafileggi.

EN ISO 14644	Massima concentrazione di particelle da 0,5 µm per m³	BS 5295	FED STD 209D
ISO 1			
ISO 2	4		
ISO 3	35	C	1
ISO 4	352	D	10
ISO 5	3.520	E / F	100
ISO 6	35.200	G / H	1.000
ISO 7	352.000	J	10.000
ISO 8	3.520.000	K	100.000
ISO 9	35.200.000	L	

Tabella 1

Tabella comparativa tra le classificazioni degli standard relativi alla qualità degli ambienti a contaminazione controllata. Lo standard ISO è di fatto dal 1999 il riferimento adottato internazionalmente. Tuttavia, diverse pubblicazioni tecniche riportano ancora le classificazioni precedenti. Negli ambienti controllati dell'industria alimentare in genere si utilizzano le classi ISO 8-7-6, mentre la ISO 5 è riservata ad applicazioni molto delimitate.

Ritenzione quasi totale per grandezza di particelle	Livello di efficienza	Classificazione
> 5 μm	40-60% (0,4 μm)	F5
> 2 μm	80-90% (0,4 μm)	F7
> 1 μm	95% (0,4 μm)	F9
0,5 μm	95% (MPPS)	H11
0,3 μm	99,95% (MPPS)	H13

Tabella 2

Prestazioni attese da parte dei filtri comunemente utilizzabili, in relazione alla grandezza delle particelle contaminanti. L'efficienza dei filtri di classe F è intesa come valore medio, in riferimento a particelle di grandezza pari a 0,4 μm (EN 779), mentre per i filtri di classe H è intesa come valore iniziale, sulla grandezza di particella più penetrante (EN 1822).

Applicazione	Classe di efficienza	Configurazione dei filtri
Ambiente non a rischio di contaminazione	F6 – F7	Filtri singolo in presenza di basse concentrazione di inquinanti
Filtrazione del volume generale di produzione	F8 – F9	Prefiltri di classe G4-F5 seguiti da filtri F8-F9 a tasche rigide o filtri elettrostatici di efficienza equivalente
Zone confinate a rischio di contaminazione	F9 – H11	Filtri a tasche di classe F7 seguiti da filtri finali F9-H11 in alloggiamento a tenuta
Zone confinate con esposizione diretta del prodotto	≥ H11	Filtri a tasche di classe F7 seguiti da filtri finali ≥ H11 in alloggiamento a tenuta

Tabella 3

Configurazione d'uso e tipologia di filtri consigliati nei vari ambienti caratteristici dell'industria alimentare. L'efficienza dei filtri elettrostatici può essere valutata in base alla classificazione riportata nella norma UNI 11254:2007 "Filtri per aria elettrostatici attivi per la ventilazione generale".



Figura 1

I reparti di confezionamento richiedono il rispetto di elevati standard di pulizia dell'aria. La zona a contaminazione controllata è comunque limitata al punto in cui il prodotto si trova direttamente esposto all'aria.

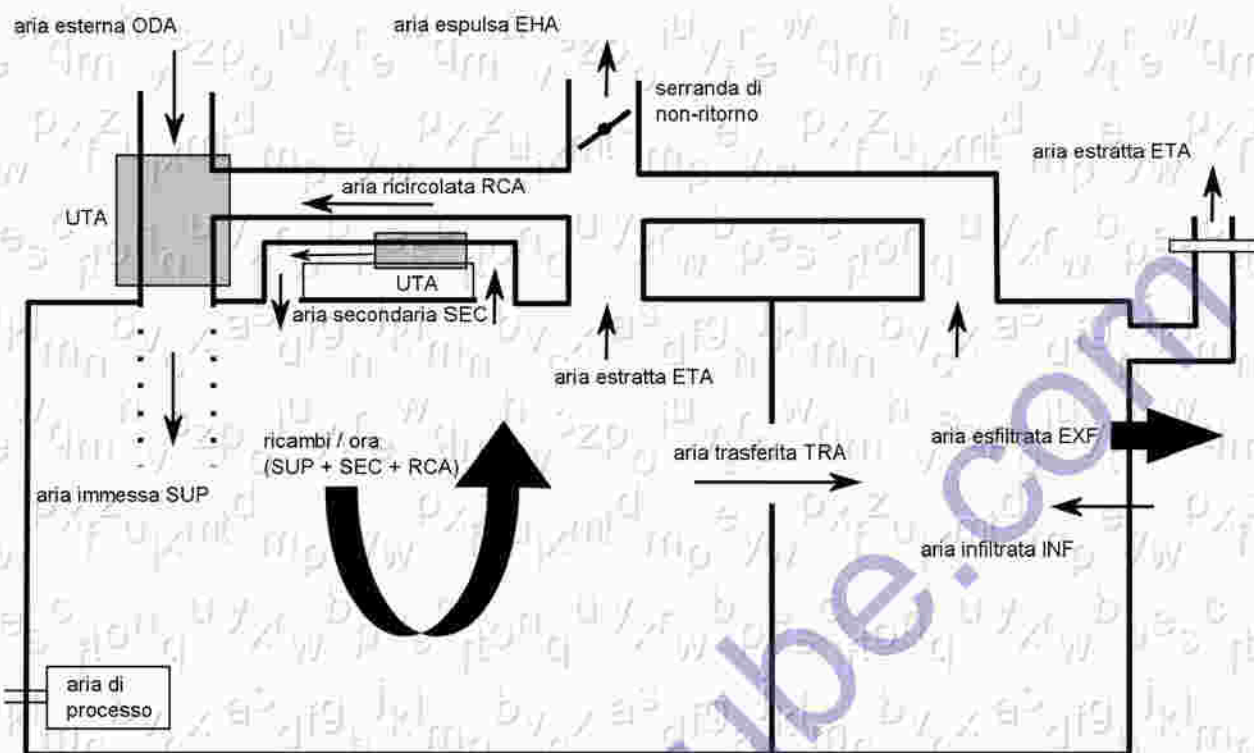


Figura 2

Schema di un tipico impianto di trattamento dell'aria installato nell'industria alimentare. l'elevato numero di ricambi necessario può essere raggiunto senza eccessivi dispendi energetici ricorrendo per una buona percentuale al trattamento dell'aria secondaria e di ricircolo.

**Figura 3**

A volte, può essere vantaggioso confinare interamente le macchine di trattamento e le canalizzazioni in uno spazio tecnico nettamente separato dal volume "pulito" di produzione. Nei grandi impianti, è comunque più conveniente mantenere le UTA principali all'esterno e distribuire l'aria per mezzo di condotte "a vista" più facilmente accessibili.

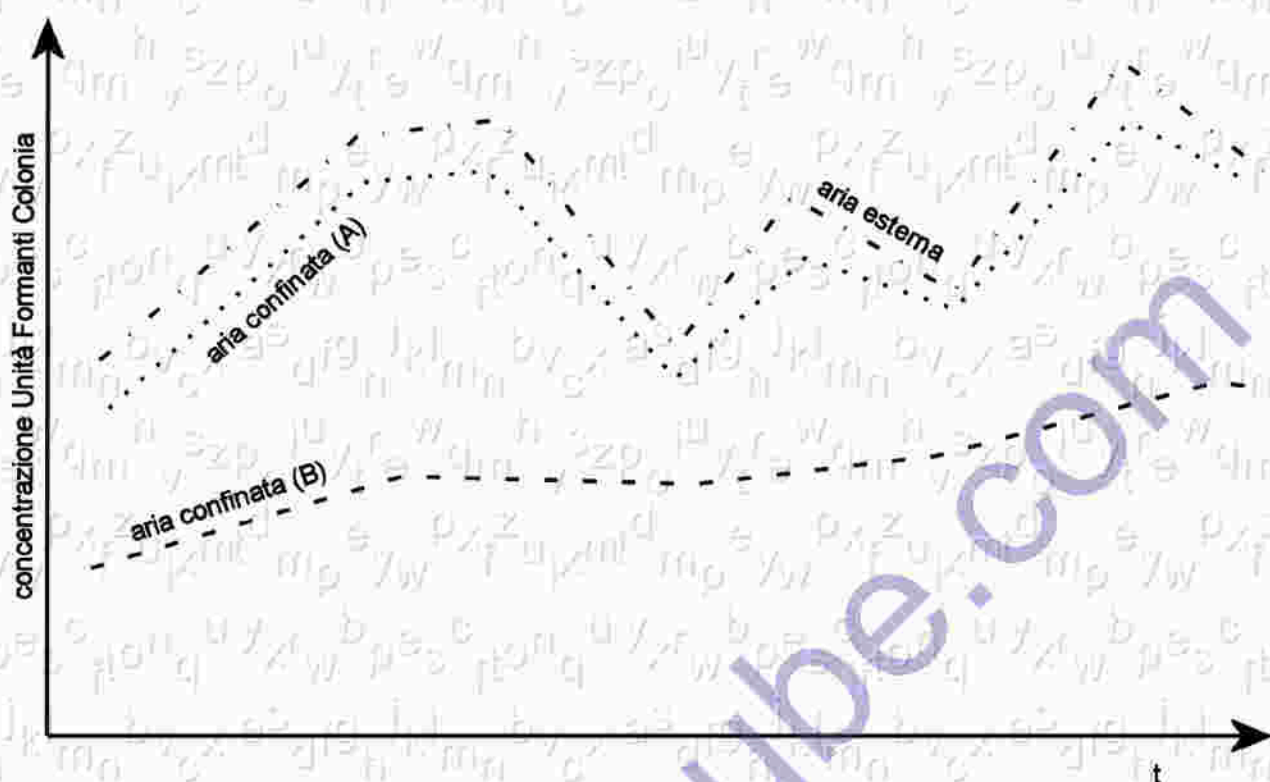
**Figura 4**

Per garantire una regolazione costante ed efficace dei parametri di funzionamento, è indispensabile ricorrere ad appositi sensori per rilevare il livello qualitativo dell'aria distribuita nelle canalizzazioni.



Figura 5

L'utilizzo dei canali in tessuto presenta diversi vantaggi in questo genere di applicazione, a condizione di mantenere un elevato grado di pre-abbattimento delle particelle nel flusso d'aria distribuito.

**Figura 6**

Per mantenere più basso possibile il livello di contaminazione interna, è indispensabile curare attentamente la tenuta dell'involucro dell'edificio, per non compromettere le prestazioni dell'impianto. Nel grafico possiamo vedere l'andamento della concentrazione di contaminanti (miceti) nell'aria esterna e in un due ambienti ventilati con la stessa aria trattata, l'uno caratterizzato da una tenuta ottimale (B), l'altro invece contraddistinto dalla presenza di numerosi punti di infiltrazione (A).



Figura 7

Nei locali destinati alla produzione di preparati potenzialmente nocivi per gli operatori (ad es. aromi naturali ed additivi allergenici o tossici ad alta concentrazione) è necessario garantire un elevato tasso di ricambio con aria esterna, limitando al minimo indispensabile la quota di ricircolo o di aria secondaria trattata.



Figura 8

L'impiego dei filtri elettrostatici per il trattamento preliminare dell'aria esterna può consentire di trattenere elevate quantità di contaminanti senza per questo introdurre delle perdite di carico eccessive. Un altro vantaggio è rappresentato dall'effetto batteriostatico ed inattivante dei campi elettrici, che evita la possibile proliferazione di colonie nei collettori dei filtri.

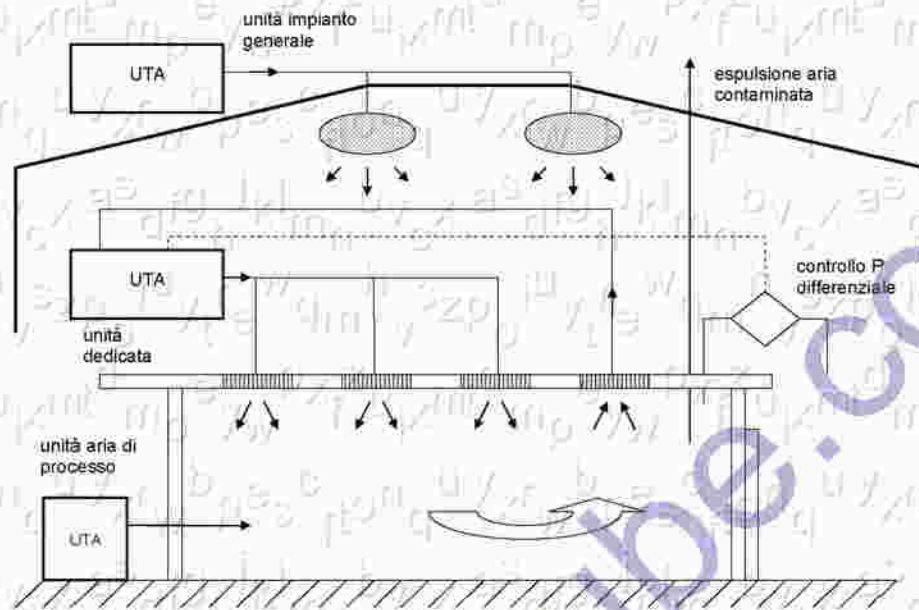


Figura 9

Lo schema di impianto più frequentemente utilizzato, prevede una unità di trattamento aria esterna a servizio dell'intero reparto di produzione, più altre unità interne dedicate agli spazi critici confinati ed all'aria di processo.