

Aria compressa e crescita dei microrganismi

Tony Beeckmans

Segment account manager per l'industria farmaceutica alimentare e delle bevande

I clienti e coloro che utilizzano l'aria compressa, certamente nelle applicazioni più critiche, in genere si trovano nella posizione migliore per poter fornire le specifiche di qualità e purezza richieste per i servizi di pubblica utilità, come ad esempio l'aria compressa.

Di conseguenza, è loro responsabilità fornire le specifiche corrette al fornitore di apparecchi ad aria compressa, il quale, a sua volta, è responsabile della fornitura degli apparecchi in base alla purezza richiesta.

Nelle applicazioni igieniche critiche, come nel caso degli alimenti e delle bevande, molto spesso viene specificato un punto di rugiada in pressione (PDP) dell'aria compressa di $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bisogna comprendere che il fabbisogno energetico per raggiungere punti di rugiada bassi in un impianto d'aria compressa può rappresentare una parte sostanziale dei costi energetici totali. In linea di massima, più basso è il punto di rugiada richiesto, maggiore è la richiesta energetica.

Per abbattere i costi energetici negli impianti, è stato esaminato il motivo per cui le applicazioni igieniche critiche richiedono spesso un punto di rugiada in pressione di $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, noto anche come Classe 2 in conformità alla norma ISO 8573-1. Le aziende alimentari, ad esempio, fanno uso dell'aria compressa sia a contatto diretto sia a contatto indiretto.

L'aria a contatto diretto è un processo in cui l'aria compressa viene utilizzata come parte del prodotto stesso e/o del processo di produzione, compresi l'imballaggio e il trasporto di prodotti alimentari sicuri. L'aria senza contatto è il processo in cui l'aria compressa non entra a diretto contatto con il prodotto alimentare; tuttavia, può essere rilasciata nell'atmosfera locale della preparazione, lavorazione o conservazione degli alimenti.

La distinzione non è sempre ovvia.

Per le applicazioni igieniche sensibili delle aziende del settore alimentare e delle bevande si sta cercando di ridurre il rischio di crescita dei microrganismi nel prodotto finale e quindi di eliminare anche potenziali fonti di contaminazione da utenze come l'aria compressa. È legittimo che le aziende alimentari odierne si preoccupino della sicurezza alimentare

Teoria della crescita dei microrganismi e uso pratico dell'aria compressa

I meccanismi di crescita dei microrganismi e delle muffe sono così descritti dalla letteratura:

"Per favorire la crescita dei microrganismi, è necessario stabilire delle condizioni che permettano la riproduzione degli organismi. Per poter rimanere in vita e crescere sui mezzi di coltura, tutti i microrganismi necessitano dei fattori seguenti:

- 1) *sostanze nutritive*
- 2) *pH adatto*
- 3) *temperatura adeguata*
- 4) *gas*
- 5) *umidità*

In linea di principio, i fattori 1) 2) e 4) non vengono compromessi dal processo di compressione dell'aria, purché venga utilizzato un compressore oil-free con refrigeratore finale.

I fattori 3) e 5) possono invece essere connessi alla compressione dell'aria atmosferica o essere influenzati da essa.

3) Temperatura adeguata

I batteri e i funghi mesofili hanno una temperatura ottimale di crescita che oscilla fra 25 °C e 40 °C. I microrganismi termofili, che prediligono il calore, crescono a una temperatura superiore a 45 °C che arriva fino a circa 90 °C. Il calore è letale per i microrganismi, ma ogni specie ha una propria tolleranza termica. Durante un processo di distruzione termica, come la pastorizzazione, la velocità di distruzione è logaritmica, così come la velocità con cui i microrganismi sono in grado di replicarsi. Pertanto, i batteri sottoposti a distruzione termica vengono eliminati a una velocità proporzionale al numero di organismi presenti. Il processo dipende sia dalla temperatura di esposizione sia dal tempo necessario a questa temperatura per raggiungere la velocità di distruzione desiderata. L'alta temperatura negli elementi di compressione oil-free (>180 °C) è sufficiente a ridurre notevolmente i microrganismi presenti. Tuttavia, il tempo in cui l'aria si trova a questa temperatura elevata nelle componenti del compressore è troppo breve per essere considerata sterilizzante.

D'altro canto, una diminuzione della temperatura, in particolare al di sotto di 18 °C, riduce anche l'attività di crescita. L'attività dei microrganismi si arresta quasi del tutto al punto di congelamento dell'acqua. Gli studi hanno dimostrato come la crescita dei microrganismi (funghi e batteri) sopporti temperature inferiori ai -10 °C o -18 °C, a seconda dell'organismo. (Rif. 1)

5) Umidità

La quantità di acqua (vapore) di cui hanno bisogno per riprodursi o crescere dipende dalla tipologia specifica del fungo o del batterio; è comunque necessaria una qualche forma d'acqua affinché i microrganismi possano riprodursi. La maggior parte di essi richiede un'umidità relativa (UR) pari o superiore al 75%, mentre alcuni possono sopravvivere e moltiplicarsi con un'UR superiore al 50%. Al di sotto di tale umidità relativa, o di un'attività dell'acqua (water activity) $a_w < 0,5$ (rif 2 water activity), di norma non vi è proliferazione microbica.

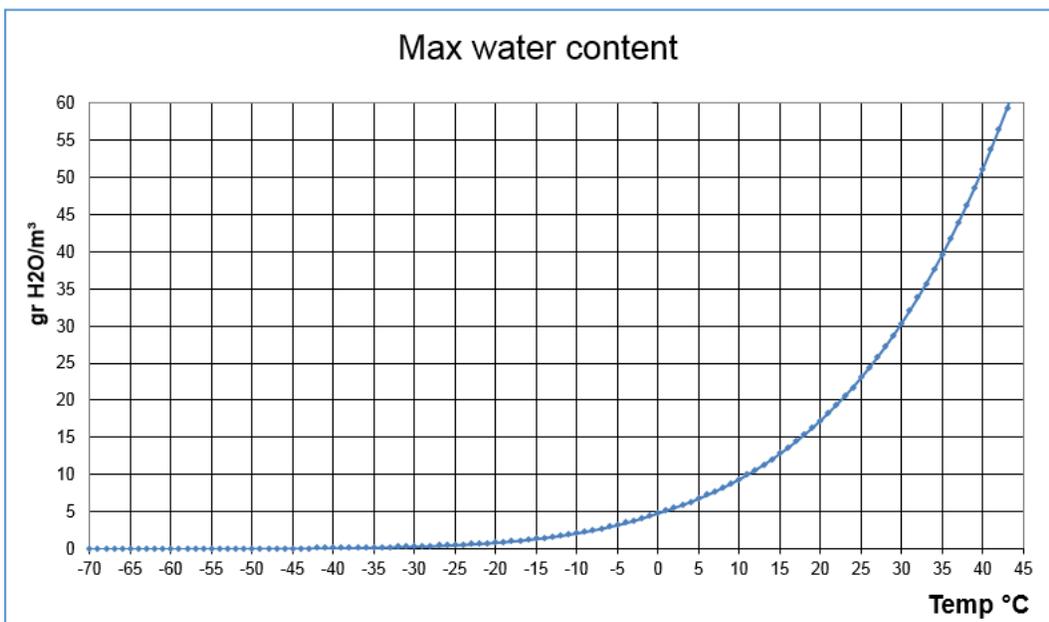
In altre parole, la riduzione delle temperature e dell'umidità, o dell'umidità relativa, diminuisce la possibilità di creare un'atmosfera favorevole per i microrganismi.

Definizione del punto di rugiada

Il punto di rugiada è la temperatura alla quale una determinata concentrazione di vapore acqueo nell'aria forma la rugiada o, in altre parole, è la temperatura alla quale l'aria dev'essere raffreddata per raggiungere la saturazione. Si tratta di una misura dell'umidità nell'aria.

Il punto di rugiada viene espresso nei termini delle unità di misura proprie della temperatura: gradi centigradi (°C) o gradi Fahrenheit (°F). Inoltre, può essere vista come il massimo contenuto d'acqua, in onces o grammi, per un volume standard d'aria a una determinata temperatura.

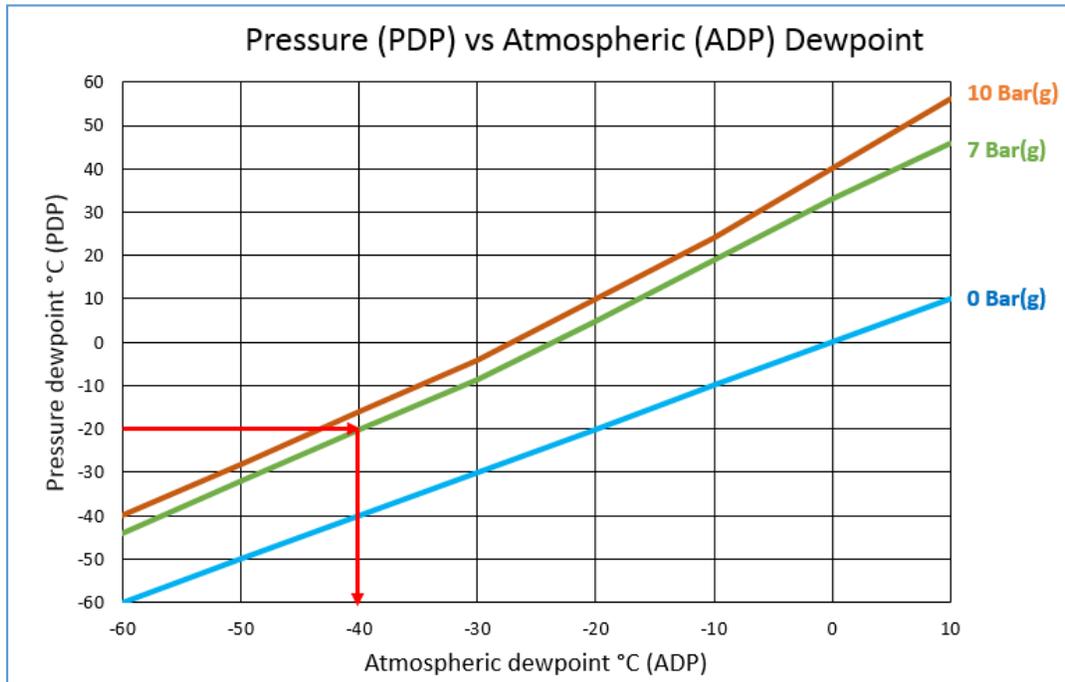
La differenza tra -40 °C e -20 °C può sembrare significativa sulla scala di temperatura, tuttavia la differenza assoluta del contenuto d'acqua in onces o grammi è marginale.



Un aspetto da considerare è che molto spesso, quando si specifica l'aria compressa, viene specificato il punto di rugiada in pressione (PDP), che significa il massimo contenuto d'acqua nell'aria compressa, in condizioni di pressione. Se l'aria entra in contatto con il prodotto dopo l'espansione, situazione che si verifica nella maggior parte dei casi, il punto di rugiada o il contenuto d'acqua sarà notevolmente inferiore.

L'umidità presente sarà ridotta con un fattore: $P(\text{assoluto})/P(\text{atmosfera})$. (vedere grafico G1) In questo caso il punto di rugiada atmosferico (ADP) è più rilevante.

Grafico G1



Esempio: Punto di rugiada in pressione -20 °C a 7 barg uguale a punto di rugiada atmosferico di -41 °C

Punto di rugiada e relazione con l'umidità relativa

Si considerino 2 situazioni:

1) Temperatura ambiente di +20 °C con umidità relativa del 70%.

L'aria atmosferica in ingresso ha un contenuto d'acqua di 12 grH₂O/m³.

La pressione di linea conforme al compressore e all'essiccatore è di 7 bar(g) con un punto di rugiada in pressione di -20 °C a temperatura ambiente.

In questo caso, l'umidità relativa dell'aria compressa nel condotto è del 5,1% e il contenuto d'acqua di 0,9 grH₂O/m³. Dopo l'espansione, l'umidità relativa del punto di rugiada in pressione è pari allo 0,64% e il contenuto d'acqua di 0,11 grH₂O/m³.

2) Temperatura ambiente di -15 °C, umidità relativa dell'85% e aria compressa con punto di rugiada in pressione di -30 °C.

L'aria ambiente in ingresso ha un contenuto d'acqua di 1,18 gr/m³. Nell'aria compressa conforme all'essiccatore, il contenuto d'acqua è di 0,34 gr/m³ e l'umidità relativa è del 24%.

Poiché la temperatura ambiente è molto inferiore al punto di congelamento dell'acqua, di conseguenza non vi sarà acqua libera e anche la temperatura è troppo bassa per influire sulla crescita degli organismi. In alcuni casi, gli organismi possono riprendere l'attività una volta che la temperatura ambiente aumenta.

Tuttavia, se la temperatura aumenta, l'umidità relativa nella rete dell'aria compressa diminuisce e rimane molto al di sotto delle condizioni atmosferiche vitali dell' $RH < 40\%$.

Soluzioni di essiccazione ad aria compressa ad alta efficienza energetica

Per ottenere un basso punto di rugiada, è possibile utilizzare diverse tecnologie, come ad esempio: essiccatori a sostanza igroscopica con doppia torre, essiccatori con rigenerazione a caldo con soffiante, doppia torre con calore di compressione, tamburo rotante con calore di compressione, essiccatori a refrigerazione, ecc.

Alcune tecnologie di essiccazione, progettate per raggiungere un punto di rugiada fisso e molto basso, possono consumare dal 10% al 20% della potenza del compressore collegato.

Il costo energetico annuale richiesto per queste tecnologie di essiccazione può rappresentare fino a 13.000€ per 100 kW di potenza del compressore installato.

Nella maggior parte dei casi, un'umidità relativa massima del 10-20% è sufficientemente bassa da creare un'atmosfera in cui si evita che una popolazione di organismi sia in grado di crescere.

L'uso dell'umidità relativa nelle specifiche dell'aria compressa al posto del punto di rugiada in pressione sulla scala di temperatura può contribuire a un'installazione igienicamente sicura e a basso consumo energetico.

Conclusioni:

Quando si specifica un punto di rugiada in pressione, è necessario impostare con attenzione lo standard, con cognizione e con la giusta motivazione.

Fare riferimento alle classi 4, 3 o 2 del punto di rugiada in pressione della norma ISO 8573 è sufficiente, tuttavia i passaggi rispettivamente tra $+3\text{ °C}$, -20 °C e -40 °C sono ampi, considerando i requisiti energetici per raggiungere determinati punti di rugiada.

Il contenuto effettivo d'acqua, che dovrebbe essere il fattore decisivo, è per temperature inferiori al punto di congelamento abbastanza stabili.

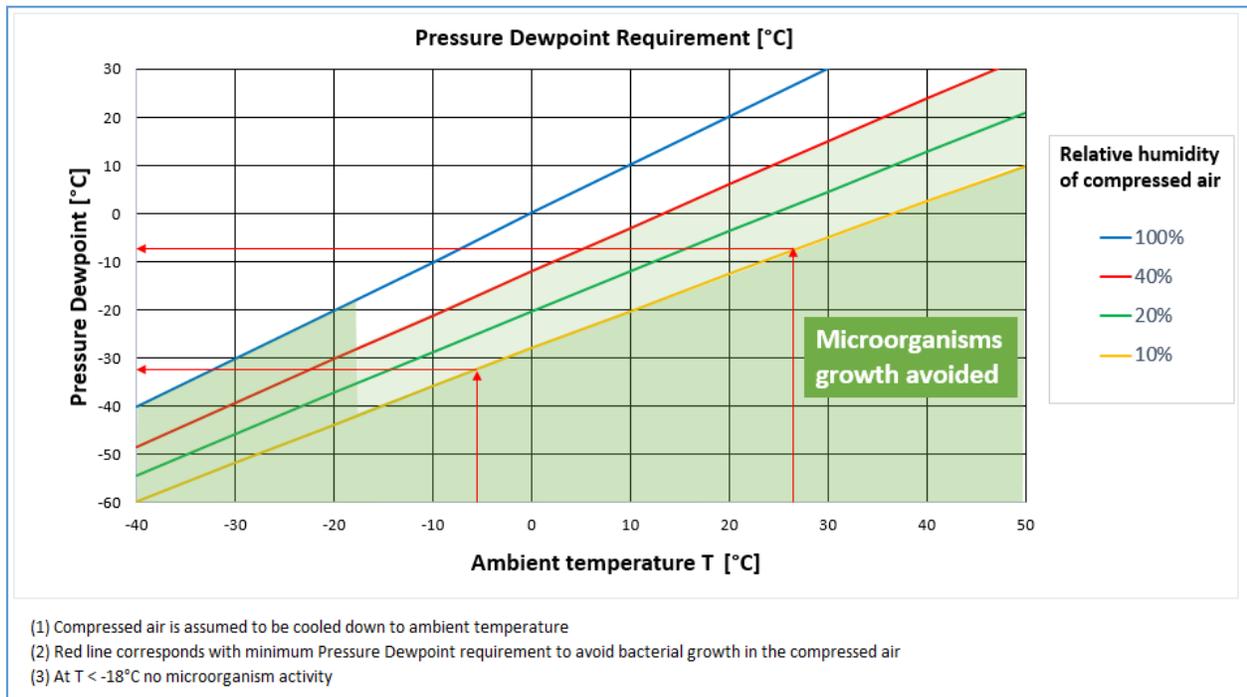
È possibile ottenere un notevole risparmio energetico selezionando il punto di rugiada corretto nelle tecnologie di essiccazione disponibili, senza compromettere la sicurezza alimentare o creare condizioni igieniche pericolose.

I microrganismi hanno bisogno di acqua per crescere nei prodotti alimentari. Il controllo dell'umidità contenuta negli alimenti è una delle più antiche strategie di conservazione impiegate. I microbiologi alimentari descrivono generalmente i requisiti dell'acqua dei microrganismi in termini di attività dell'acqua (a_w) del cibo o dell'ambiente. (Rif. 3)

È importante fare una distinzione tra batteri e muffe. Per i batteri è generalmente accettato un valore minimo di a_w di 0,75 (UR del 75%) (Stafilococco aureo). Per le muffe, un valore minimo di a_w di 0,6 (UR del 60%) è considerato come limite di sicurezza (Xeromyces) (Rif. 4).

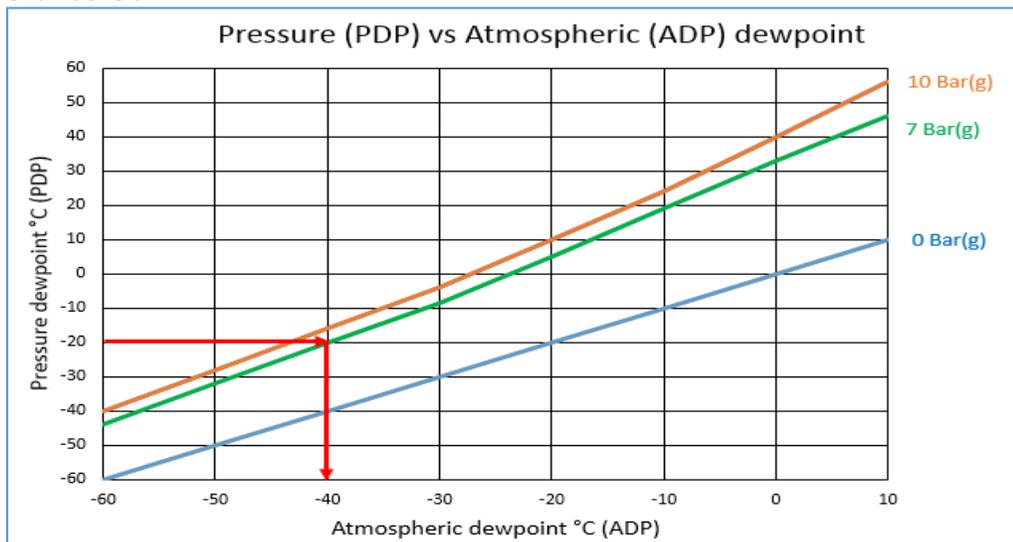
Una specifica del punto di rugiada in pressione con umidità relativa del $\leq 10\%$ o addirittura del $\leq 20\%$ può quindi essere considerata come sicura per l'igiene e per l'industria alimentare. In base al grafico sottostante (G2), è possibile calcolare il punto di rugiada richiesto per ottenere un valore specifico di a_w (UR) nell'aria compressa a una determinata temperatura ambientale.

Grafico G2



Per calcolare il punto di rugiada atmosferico (ADP) corrispondente partendo da un punto di rugiada in pressione (PDP) o viceversa, è possibile utilizzare il grafico seguente (G3).

Grafico G3



Riferimenti

- 1) *The microbiological safety and quality of food* Barbara M. Lund, A.C. Baird, Grahame W. Gould
- 2) L'attività dell'acqua o aw è la pressione di vapore parziale dell'acqua in una sostanza divisa dalla pressione di vapore parziale dell'acqua allo stato standard. Nel campo della scienza alimentare, lo stato standard è spesso definito come la pressione di vapore parziale dell'acqua pura alla stessa temperatura. Utilizzando questa particolare definizione, l'acqua distillata pura ha un'attività dell'acqua esattamente pari a uno. Con l'aumento della temperatura, l'attività dell'acqua in genere aumenta, tranne che in alcuni prodotti con sale cristallino o zucchero. Le sostanze più elevate dell'attività dell'acqua tendono a supportare un numero maggiore di microrganismi. I batteri in genere richiedono almeno 0,91 e i funghi almeno 0,7 Rockland, L.B.; Beuchat, L.R. (1987). *Water Activity: Theory and Applications to Food* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker.
- 3) *Evaluation and Definition of Potentially Hazardous Foods* - Capitolo 3. FDA <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/094145.htm>
- 4) Prof. Zwietering in risposta al NEN Expert group medical gases 2014