

Fisciano, 12/03/2024

## **Relazione Tecnica: Giustificazione della Scelta di un Liofilizzatore Pilota a Ripiani Raffreddati**

### **Introduzione**

Questa relazione tecnica mira a giustificare la selezione di un liofilizzatore pilota dotato di ripiani raffreddati anziché un liofilizzatore senza raffreddamento, basandosi sui risultati preliminari ottenuti dalla campagna sperimentale condotta su scala di laboratorio sugli estratti provenienti dalle bucce di uva e frutti rossi.

### **Identificazione del problema**

Dall'analisi approfondita degli estratti ottenuti dalle bucce di uva e frutti rossi, è emerso un significativo abbassamento delle temperature di congelamento. Questo fenomeno è direttamente correlato all'elevato contenuto di zuccheri presenti negli estratti, i quali agiscono come agenti crioprotettivi, riducendo il punto di congelamento del liquido. Tale riduzione delle temperature di congelamento rappresenta una sfida critica nel processo di liofilizzazione, soprattutto quando si utilizza un liofilizzatore senza ripiani raffreddati.

La liquefazione prematura dell'estratto all'interno della camera di liofilizzazione costituisce un rischio significativo in queste circostanze. Ciò porta direttamente alla formazione di un prodotto finale gommoso e non redispersibile anziché della polvere desiderata. La mancanza di ripiani raffreddati impedisce il mantenimento delle basse temperature necessarie, specialmente nelle fasi iniziali del processo, per mantenere lo stato congelato dell'estratto, il quale è fondamentale per garantire una corretta sublimazione del ghiaccio. Questo compromette quindi sia il processo di liofilizzazione che il risultato finale in termini delle caratteristiche del prodotto.

Le conseguenze dell'utilizzo di un liofilizzatore senza ripiani raffreddati sono visibili in Figura 1 e in Figura 2, per estratti di bucce di frutti rossi e per estratti di bucce di uva bianca, rispettivamente.



**Figura 1.** Risultato della liofilizzazione di estratti di bucce di frutti rossi in un liofilizzatore senza ripiani raffreddati.



**Figura 2.** Risultato della liofilizzazione di estratti di bucce di uva bianca in un liofilizzatore senza ripiani raffreddati. Si può notare l'elevata viscosità del prodotto in uscita dal liofilizzatore.

### Soluzione Proposta

Per superare questa problematica, si propone l'utilizzo di un liofilizzatore pilota dotato di ripiani raffreddati, progettato per gestire efficacemente gli estratti ad alto contenuto di zuccheri e garantire una liofilizzazione ottimale. Questo dispositivo offre un controllo preciso della temperatura dei ripiani, consentendo una regolazione da valori estremamente bassi fino a temperature più elevate, secondo necessità.

Nel nostro caso specifico, si è verificato, grazie a prove su liofilizzatori da laboratorio, che, quando le temperature dei ripiani sono inizialmente (in fase di carico e di creazione del vuoto) impostate a valori estremamente bassi, a partire da  $-55^{\circ}\text{C}$ , si condiziona positivamente la liofilizzazione, mantenendo l'estratto nella fase congelata critica durante le fasi iniziali del processo. Questo aiuterà a preservare la struttura dell'estratto e prevenire la liquefazione

prematura. Successivamente, è stato verificato che è possibile innalzare gradualmente la temperatura dei ripiani fino a raggiungere valori più elevati, potenzialmente fino a  $+65^{\circ}\text{C}$  per i prodotti di più difficile liofilizzazione, per facilitare la sublimazione del ghiaccio residuo negli strati più interni del prodotto, garantendo una completa rimozione dell'umidità e una liofilizzazione uniforme. A tal proposito si evidenzia anche la necessità di una uniformità di temperatura sui diversi ripiani presenti all'interno del liofilizzatore, dell'ordine di  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ .

Risultati di un processo efficace di liofilizzazione con un liofilizzatore a ripiani raffreddati sono mostrati in Figura 3 (a sinistra) in confronto con i risultati di un processo di liofilizzazione con un liofilizzatore senza ripiani raffreddati.



**Figura 3.** Confronto tra la liofilizzazione con un liofilizzatore a ripiani raffreddati (Sinistra) e con un liofilizzatore senza ripiani raffreddati (Destra) per estratti di bucce di uva bianca (in alto) e di bucce di uva nera (in basso). Si vede che solo quando si utilizza un liofilizzatore a ripiani raffreddati è possibile ottenere un prodotto disidratato in polvere, adatto ad utilizzi successivi.



L'utilizzo di un liofilizzatore pilota con ripiani raffreddati assicura quindi una sublimazione uniforme e completa dell'acqua presente nell'estratto, producendo una polvere ben dispersibile e di alta qualità. Questa soluzione ottimizzata risolve efficacemente i problemi incontrati con la liquefazione prematura e garantisce la produzione di un prodotto finale con le caratteristiche desiderate, mantenendo la qualità e l'integrità dell'estratto liofilizzato.

I principali vantaggi della soluzione proposta possono essere così riassunti:

- **Controllo Preciso della Temperatura:** Il liofilizzatore a ripiani raffreddati consente di impostare e mantenere temperature ottimali per il processo di liofilizzazione, evitando la liquefazione prematura dell'estratto.
- **Processo di Liofilizzazione Ottimizzato:** La capacità di regolare la temperatura dei ripiani permette di garantire una sublimazione uniforme e completa, conducendo alla produzione di una polvere ben dispersibile e di alta qualità.
- **Miglioramento della Qualità del Prodotto:** Il risultato ottenuto è una polvere finalizzata ad un uso ottimale in campo alimentare e applicazioni specifiche, rispetto al prodotto gommoso e non redispersibile generato dal liofilizzatore convenzionale.

### Considerazioni Economiche

Dato il costo significativamente superiore del liofilizzatore a ripiani raffreddati rispetto ad un liofilizzatore senza ripiani raffreddati, si è scelto di razionalizzare gli acquisti programmati, accorpono il budget inizialmente suddiviso tra l'acquisto di un evaporatore sottovuoto e l'acquisto di un liofilizzatore senza ripiani raffreddati. Ciò è stato possibile in virtù del fatto che, nel corso del progetto, abbiamo sviluppato un sistema di pre-concentrazione tramite membrane, riducendo così la necessità dell'utilizzo dell'evaporatore sottovuoto.

Inoltre, poiché il costo totale della nuova attrezzatura supera comunque la somma dei costi originari del liofilizzatore senza ripiani raffreddati e dell'evaporatore sottovuoto, abbiamo richiesto di spostare una parte dei costi per materiali alle attrezzature nel piano esecutivo di gestione.

### Conclusioni

La scelta di un liofilizzatore pilota con ripiani raffreddati è giustificata dalla necessità di garantire un processo di liofilizzazione efficace e di alta qualità per gli estratti ricchi di zuccheri ottenuti dalle bucce di frutta, come da obiettivi di progetto. Questa soluzione è supportata da risultati sperimentali e si propone di migliorare significativamente la resa e la qualità del prodotto finale.

Cordiali saluti,

Prof. Francesco Donsì

Dipartimento di Ingegneria Industriale