

TECNOLOGIA DI ESSICCAZIONE: ESSICCAZIONE A BASSA TEMPERATURA - POMPA DI CALORE



1. PRINCIPIO DELLA TECNOLOGIA

Si parla di essiccazione a freddo o a bassa temperatura quando il processo di essiccazione avviene a basse temperature, intorno ai 20-50°C.

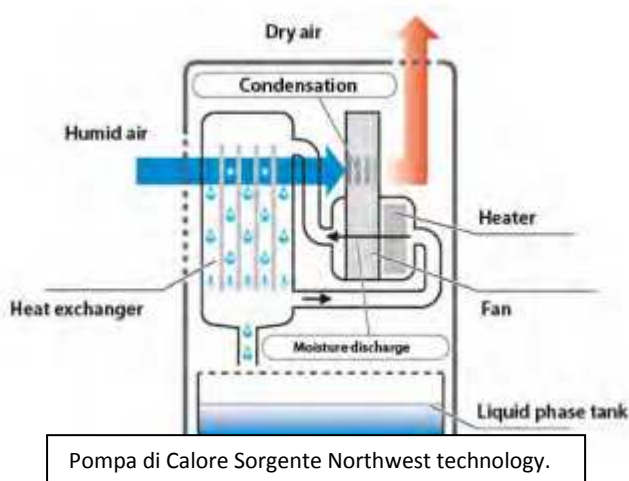
Questo tipo di essiccazione può essere ottenuto mediante un dispositivo con pompa di calore: l'essiccazione si ottiene applicando ai prodotti aria deumidificata, molto secca (5%), e riscaldandola alla temperatura di trattamento desiderata.

Questa tecnologia è denominata *Heat pump Drying low temperature* (essiccazione a bassa temperatura a mezzo pompa di calore) o *Cold drying* (essiccazione a freddo) che spesso si riferisce alla liofilizzazione, un processo di disidratazione di un prodotto precedentemente congelato per sublimazione (un'evaporazione sotto vuoto).

L'essiccazione con pompa di calore è un processo di essiccazione a convezione in cui la fase di deumidificazione dell'aria viene effettuata mediante una pompa di calore.

Questo tipo di dispositivo è costituito da una camera chiusa, in cui sono collocati i prodotti da essiccare, e da una pompa di calore (gruppo di refrigerazione). I prodotti sono disposti su scaffalature o cassette sovrapposti.

L'aria calda e secca viene introdotta nella parte inferiore della camera. Si carica di acqua quando passa attraverso la camera e i prodotti. L'aria umida viene deumidificata nella pompa di calore.



Il calore prodotto dalla fase di condensazione del vapore acqueo dell'aria umida viene riutilizzato per riscaldare l'aria prima che questa entri nella camera.

La temperatura di essiccazione viene regolata settando la capacità del condensatore.

La velocità del mezzo di essiccazione e l'umidità sono controllate regolando la velocità della ventola e la frequenza del compressore, tutti indipendenti dalle condizioni dell'aria ambiente.

La durata del ciclo di deumidificazione cambia a seconda del tipo di prodotto e del tasso di umidità richiesto; varia da 6 a 48 ore.

I prodotti alimentari ad alto tasso di umidità, come le verdure, possono essere essiccati in modo efficiente mediante essiccazione con pompa di calore. Questo processo consente un buon controllo delle condizioni di essiccazione dei prodotti ad alto valore aggiunto. Ciò è particolarmente vero per i prodotti alimentari che richiedono condizioni di essiccazione controllate con precisione (temperatura e umidità). I prodotti alimentari termosensibili, che richiedono l'essiccazione a basse temperature, vengono trattati vantaggiosamente con questa tecnologia, che consente di regolare la temperatura di essiccazione da 20 a 60°C.

- **Caratteristiche tecniche**

A seconda dei prodotti da trattare, questa tecnologia permette di lavorare in un intervallo molto ampio di condizioni di essiccazione, generalmente da 20 a 100°C (con riscaldamento supplementare).

Volume utile	Il carico utile per ogni ciclo dipende dal modello e varia da 25 a 500 kg di prodotti freschi, ma esistono dispositivi molto più grandi per altre categorie di prodotti.
Tempo di essiccazione (approssimativo)	Da 6h a 48h, anche diversi giorni
Potenza elettrica richiesta	Da 720 W per 40 kg a 7.200 W per 500 kg (dati NWT)
Temperatura minima	20°C
Temperatura massima	50°C o più con sistema di riscaldamento dell'aria oltre alla pompa di calore (100°C)

2. APPLICAZIONI

L'essiccazione dei prodotti alimentari con pompa di calore è ampiamente utilizzata in diversi settori industriali. Nel settore agroalimentare, permette di disidratare un'ampia gamma di prodotti alimentari vegetali e animali ormai da molti anni. Si adatta facilmente a diversi obiettivi di trattamento in termini di disidratazione, quindi di durata, temperatura e igrometria dell'aria di essiccazione. Permette inoltre di adattarsi meglio alle variazioni delle diverse produzioni nel corso dell'anno.

L'essiccazione a bassa temperatura è utilizzata per essiccare frutta, verdura, erbe aromatiche e medicinali, ma anche microrganismi.

- **Impatti sui prodotti**

Questo processo consente l'essiccazione rapida dei prodotti alimentari e ne preserva l'aroma, il colore e la composizione, ottenendo così prodotti di buona qualità.

Le ricerche condotte su zenzero, menta, cipolle, peperoncino, alloro, ecc. dimostrano che una scelta appropriata delle condizioni di trattamento (temperatura e durata) può ridurre le alterazioni dell'aspetto, come il cambiamento di colore globale e la degradazione delle molecole di interesse nutrizionale come l'acido ascorbico, il gingerolo,...

Poiché l'essiccazione avviene in camera chiusa, all'interno rimane qualsiasi composto che si volatilizzi e, dato che la pressione parziale aumenta gradualmente nella camera, ciò rallenta l'ulteriore volatilizzazione del prodotto.

3. IMPATTO ECONOMICO E AMBIENTALE

I prodotti ad alto valore aggiunto estremamente sensibili al calore sono spesso liofilizzati. Si tratta di un processo di essiccazione estremamente costoso. È pertanto interessante considerare il sistema di essiccazione a pompa di calore come una tecnologia alternativa per il trattamento di questi prodotti.

Dal punto di vista energetico, l'essiccazione con pompa di calore consuma meno energia di un sistema ad aria calda convenzionale.

Economia	
Investimento	Moderato. I costi e i volumi utili possono essere adattati al volume di produzione.
Costi operativi	M. O.: Manipolazione di prodotti a cassette. Richiede una manutenzione regolare dei componenti (compressore, filtri frigoriferi, ecc.).
Materiali di consumo	Fluidi refrigeranti.

Ambiente	
Consumo energetico	Migliore efficienza energetica, permette di ridurre il consumo energetico per ogni unità di acqua prelevata
Scarichi/rifiuti	Acqua di condensa Unità: l/giorno
Tecnologia	I fluidi refrigeranti attualmente utilizzati nel ciclo di refrigerazione non sono rispettosi dell'ambiente.

4. VINCOLI NORMATIVI

I fluidi refrigeranti utilizzati negli impianti di condizionamento e refrigerazione o nelle pompe di calore sono potenti gas a effetto serra che possono impoverire lo strato di ozono. Il loro uso è disciplinato dal diritto dell'Unione Europea, in particolare dai regolamenti n. 1005/2009 del 16 settembre 2009 e n. 517/2014 del 16 aprile 2014.

Il decreto 2015-1790 del 28 dicembre 2015 relativo ad alcuni fluidi refrigeranti e ai gas fluorurati ad effetto serra inclusi nel Codice Ambientale definisce un programma progressivo di divieti d'uso di vari refrigeranti appartenenti ai clorofluorocarburi.

Il regolamento F-Gas è stato modificato nel 2014 con l'introduzione di una limitazione graduale della commercializzazione degli HFC. Il 2018 sarà un anno cruciale perché vedrà una riduzione molto significativa delle quote, cosa che avrà un impatto sul prezzo dei fluidi refrigeranti.

5. IMPATTO SULL'AGRICOLTURA BIOLOGICA

Nessun impatto per questa tecnologia di essiccazione

6. ATTREZZATURE, COSTRUTTORI, MATURITÀ...

- **Maturità tecnologica**

Questa tecnologia è stata a lungo utilizzata per il trattamento di molti prodotti. È oggetto di applicazioni e ricerca, in particolare per il trattamento dei prodotti vegetali nei paesi asiatici (Cina, India, Turchia,...). In questi paesi, vengono commercializzate attrezzature specifiche.

La tecnologia di essiccazione a pompa di calore è stata combinata con altre tecniche di essiccazione per ottenere una qualità del prodotto migliore, un ridotto consumo energetico, un elevato

coefficiente di rendimento e una maggiore efficienza termica: essiccazione solare mediante pompa di calore, essiccazione a microonde, essiccazione a infrarossi, essiccazione in letto fluido, essiccazione a radiofrequenza, zeodratazione.

Ciò è particolarmente vero per i materiali termosensibili, come frutta e verdura, che richiedono solo basse temperature. Ad esempio, la combinazione di HPD con l'essiccazione solare migliora l'essiccazione e riduce i costi.

- **ATTREZZATURE - COSTRUTTORI**

- **North West Technology**

- Via Peveragno 96/A - 12012 Boves (Cuneo) Italy

- Tel / fax +39 0171 1875944

- mail: info@northwest-technology.com

- web: www.northwest-technology.com



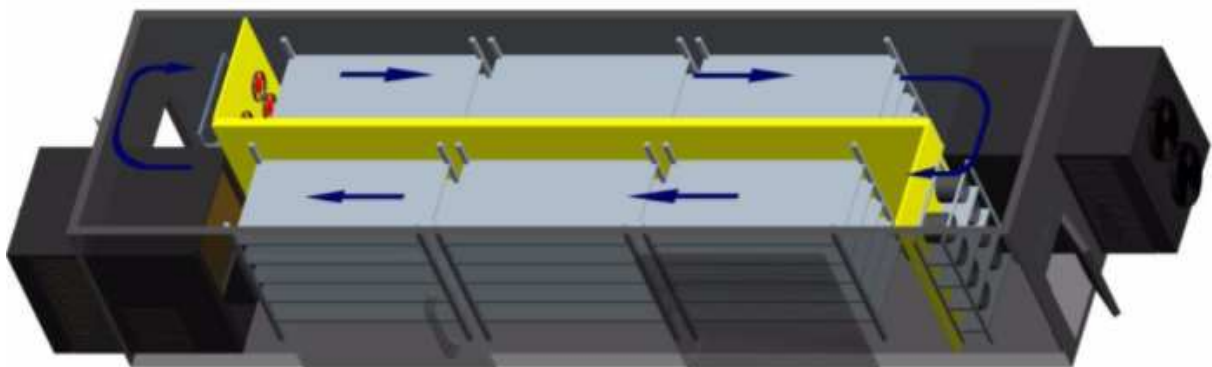
Modello	Capacità	Numero di cassette	Potenza elettrica W
NWT - 25	40 kg	6	720
NWT - 100	100kg	20	1900
NWT - 200	300 kg	39	3400
	400		
NWT - 400	500 kg	195	7200

<http://www.northwest-technology.com/pdf/nw-cold-drying-sistem.pdf>

Costruttore cinese. Heat pump dryer (Essiccatore a pompa di calore) / Alibaba-

<https://www.alibaba.com/heat-pump-type-herb-drying-equipment-suppliers.html>

- Guangzhou Kaineng Electric Equipment Co., Ltd. Gamma KINKAI - T° 8 - 75 °C



https://www.alibaba.com/product-detail/Orange-peel-lemon-slices-drying-equipment_60658853013.html?spm=a2700.9099375.35.8.1f0ddf6cQVzRZq

- Zhengzhou Pindu Trade Co., Ltd.
- DALIANLELEJIAMACHINERY CO., LTD
Serie di essiccazione a freddo http://www.dllj.com/e_products/?big_id=1

7. BIBLIOGRAFIA UTILE

Prodotti	Temperatura di trattamento T °C	Altri parametri	Articoli
Foglie di menta	35 °C	forma cilindrica della camera di essiccazione con una bassa temperatura dell'aria di essiccazione	Aktaş, 2017
Foglie di menta	35°C, 40°C e 45°C	portate volumetriche di 300 m ³ /h per una velocità di 0,75 m/s e 600 m ³ /h per una velocità di 1,5 m/s	Aktas, M 2014
Zenzero	50 °C	200 minuti con aria e azoto	Khanuengnit Chapchaimoh, 2016
Radici di valeriana (Valeriana officinalis L.)	36,84 ° Circa 89 ore		
Malva ebraica, menta e prezzemolo	55	carico superficiale di 28 kg/m ² 2,7 m/s	Fatouh M, 2006

Aktaş M Ataollah Khanlari, Burak Aktekel, Ali Amini - **Analysis of a new drying chamber for heat pump mint leaves dryer** International Journal of Hydrogen Energy, Volume 42, Issue 28, 18034-18044 (2017)

Jafarian, H., Tabatabaekolour, R., Moosavi Seyedi **Experimental investigation on dill drying in a solar-assisted heat pump dryer**, S.R Journal of Agricultural Science and Technology Volume 19, Issue 4, , Pages 835-845 (2017)

Aktas, M; Ceylan, - **Testing of a condensation-type heat pump system for low-temperature drying applications** International Journal of Food Engineering10.3: 521-531. (2014)

Khanuengnit Chapchaimoh, Nattapol Poomsa-ad, Lamul Wiset, John Morris, **Thermal characteristics of heat pump dryer for ginger** Applied Thermal Engineering, Volume 95, 25 February 2016, Pages 491-498

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135943111500945X>

Mohammed Ayub Hossain, Klaus Gottschalk, Mohammad Shoeb Hassan, **Mathematical Model for a Heat Pump Dryer for Aromatic Plant** Procedia Engineering, Volume 56, 2013, Pages 510-520

Fatouh M, Metwally MN, Helali AB, Shedid MH. **Herbs drying using a heat pump dryer** Energy Conversion Manage 2006 ;47:2629–43.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890405002700>

Experimental Research of Drying Red Chili by Two Methods: Solar Drying and Low - Temperature System Drying

Energy Procedia, Volume 138, October 2017, Pages 512-517
Chatchawal Nimrotham, Roongrojana Songprakorp, Sirichai Thepa, Veerapol Monyakul
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700717304826>

Mushroom drying with solar assisted heat pump system

Energy Conversion and Management, Volume 72, August 2013, Pages 171-178
Seyfi Şevik, Mustafa Aktaş, Hikmet Doğan, Saim Koçak
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890413001167>

Solar-assisted fluidized bed dryer integrated with a heat pump for mint leaves

Applied Thermal Engineering, Volume 106, 5 August 2016, Pages 899-905
İlhan Ceylan, Ali Etem Gürel
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431116309917>

Heat pump drying of medicinal and spice plants - Possibilities of energy efficiency enhancement

December 2009
https://www.researchgate.net/publication/289736990_Heat_pump_drying_of_medicinal_and_spice_plants_-_Possibilities_of_energy_efficiency_enhancement

SINTESI

Experimental investigation on drying performance of an existed enclosed fixed frequency air source heat pump drying system

Shengchun Liu, Xueqiang, Li Mengjie Song, HailongLia, Zhili Sun Applied Thermal Engineering ,Volume 130, 5 February 2018, Pages 735-744
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431117312620>

Folasayo Fayose , * and Zhongjie Huan

Heat Pump Drying of Fruits and Vegetables: Principles and Potentials for Sub-Saharan Africa

Int J Food Sci.; 2016: 9673029. 2016
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4745420/>

Heat pump assisted drying of agricultural produce-an overview.

Patel KK, Kar A
J Food Sci Technol. Apr; 49(2):142-60. 2012

Jangam S. V., Mujumdar A. S.

Heat pump assisted drying technology—overview with focus on energy, environment and product quality.

In: Tsotsas E., Mujumdar A. S., editors. Modern Drying Technology: Energy Savings, Volume 4: Energy Savings. chapter 4. Wiley-VCH;. pp. 121–162. 2011

Heat-Pump–Assisted Drying: Recent Technological Advances and R&D Needs

July 2013
https://www.researchgate.net/publication/261845723_Heat-Pump-

Rossi, S. J., Neues, I. C., & Kicokbusch, T. G. (1992). **Thermodynamics and energetic evaluation of a heat pump applied to drying of vegetables.** In A. S. Mujumdar (Ed.), Drying 92 (pp. 1475–1483). Amsterdam: Elsevier Science.

Chou, S. K., Chua, K.J, Hawlader, M. N. A., & Ho, J. C. (1998). **A two-stage heat pump dryer for better heat recovery and product quality.** Journal of The Institute of Engineers, Singapore, 38, 8–14.

Chua, K. J., Mujumdar, A. S., Chou, S. K., Ho, J. C., & Hawlader, M. N. A. (2000).

Heat pump drying systems: principles, applications and potential.

In A. S. Mujumdar, & S. Suvachittanont (Eds.), Development in drying, volume 2: food dehydration (pp. 95–134). Kasetsart University Press.

Jia, X., Clements, S., & Jolly, P. (1993). **Study of heat pump assisted microwave drying.** Drying Technology, 11, 1583–1616.

Design and Drying Technology Research of Heat Pump Lentinula edodes Drying Room

Yin Liu, Kunzheng Zhao, ManJiu, Yan Zhang

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817347100>