

TECHNOLOGIE DE SECHAGE : SECHAGE BASSE TEMPERATURE - POMPE A CHALEUR



Le Terre
dei Savoia



FranceAgriMer



CRIEPPAM

1. PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE

On parle de séchage à froid ou à basse température quand le procédé de séchage s'effectue à des températures basses, autour de 20-50 °C.

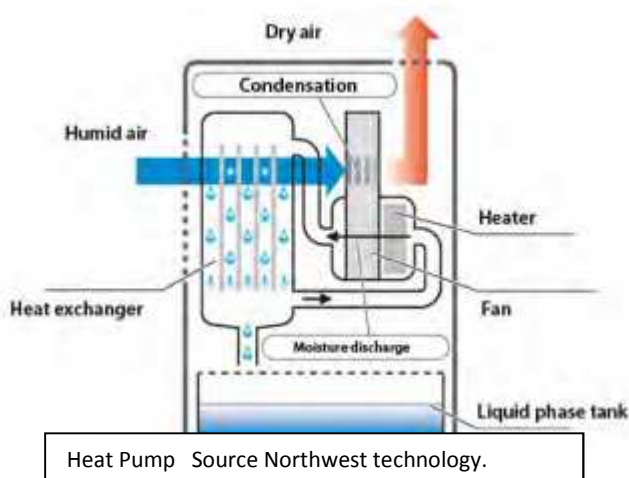
Ce type de séchage peut être obtenu par un dispositif comportant une pompe à chaleur : le séchage est obtenu en appliquant aux produits un air déshumidifié, très sec (5 %) et réchauffé à la température de traitement désirée.

On désigne cette technologie par *Heat pump Drying low temperature*, plutôt que *Cold drying* qui fait souvent référence à la lyophilisation, procédé de déshydratation d'un produit préalablement congelé par sublimation (une évaporation sous vide).

Le séchage avec pompe à chaleur est un séchage par convection dans lequel la phase de déshumidification de l'air est réalisée par une pompe à chaleur.

Ce type de dispositif est composé d'une enceinte fermée, dans laquelle sont placés les produits à sécher, et d'une pompe à chaleur (groupe de réfrigération). Les produits sont disposés sur des claies ou des tiroirs superposés.

L'air chaud et sec est introduit dans le bas de l'enceinte. Il se charge en eau en traversant l'enceinte et les produits. L'air humide est déshumidifié dans la pompe à chaleur.



La chaleur produite par l'étape de condensation de la vapeur d'eau de l'air humide est réutilisée pour réchauffer l'air avant son introduction dans l'enceinte.

La température de séchage est réglée en réglant la capacité du condenseur.

La vitesse du milieu de séchage et l'humidité sont réglées par le réglage de la vitesse du ventilateur et de la fréquence du compresseur, qui sont tous indépendants des conditions de l'air ambiant.

La durée du cycle de déshumidification varie en fonction du type de produit et du taux d'humidité requis ; elle varie de 6 à 48 heures.

Les produits alimentaires avec un taux d'humidité élevé, comme les végétaux, peuvent être séchés efficacement par séchage avec une pompe à chaleur. Ce procédé permet une bonne maîtrise des conditions de séchage pour les produits à haute valeur ajoutée. Ceci est particulièrement vrai pour les produits alimentaires qui requièrent des conditions de séchage contrôlée avec précision (température et humidité). Les produits alimentaires thermosensibles, nécessitant un séchage à basse température sont traités avantageusement avec cette technologie qui permet d'ajuster la température de séchage de 20 à 60 °C.

- **Caractéristiques techniques**

Selon les produits à traiter, cette technologie permet de travailler dans une gamme très large de conditions de séchage, généralement 20 à 100 °C (avec chauffage d'appoint).

Volume utile	La charge utile pour chaque cycle dépend du modèle et varie de 25 kg à 500 kg de produit frais, mais il existe des dispositifs bien plus grands pour d'autres catégories de produits.
Durée de séchage (approximative)	6h à 48 h, voire plusieurs jours
Puissance électrique nécessaire	720 W pour 40 kg à 7200 W pour 500 kg (données (NWT))
Température mini	20 °C
Température maxi	50°C voire plus avec système de réchauffage de l'air en plus de la pompe à chaleur (100 °C)

2. APPLICATIONS

Le séchage de produits alimentaire avec pompe à chaleur est très utilisé dans différents secteurs industriels. Dans l'agroalimentaire, il permet de déshydrater une large gamme de produits alimentaires végétaux et animaux depuis de nombreuses années. Il s'adapte facilement à des objectifs de traitements variés en termes de déshydratation, donc de durée, de température et d'hygrométrie de l'air de séchage. Il permet en outre de mieux s'adapter aux variations des différentes productions au cours de l'année.

Le séchage à basse température est utilisé pour sécher les fruits, les légumes, les herbes aromatiques et médicinales, mais également les microorganismes.

- **Impacts produits**

Ce procédé permet un séchage rapide des produits alimentaires et permet de conserver l'arôme, la couleur et leur composition, permettant d'obtenir des produits de bonne qualité.

Des travaux de recherches menées sur le gingembre, la menthe, les oignons, le piment, le laurier, etc., montrent qu'un choix approprié des conditions de traitement (température et durée), permet de réduire les altérations de l'aspect, comme le changement de couleur global et la dégradation des molécules d'intérêts nutritionnels comme l'acide ascorbique, le gingerol...

Ce séchage se faisant dans une enceinte fermée, tout composé qui se volatilise reste à l'intérieur, et la pression partielle augmentant progressivement dans l'enceinte retarde la poursuite de la volatilisation du produit.

3. IMPACTS ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENT

Les produits à forte valeur ajoutée extrêmement sensibles à la chaleur sont souvent lyophilisés. C'est un procédé de séchage extrêmement coûteux. Par conséquent, il est intéressant de prendre en compte le système de séchage par pompe à chaleur comme une technologie de substitution pour le traitement de ces produits.

Du point de vue énergétique, le séchage avec une pompe à chaleur utilise moins d'énergie qu'un système d'air chaud conventionnel.

Economie	
Investissement	Modéré. Les coûts et les volumes utiles sont adaptables au volume de production.
Coûts d'exploitations	M. O. : Manipulation des produits tiroirs. Nécessite un entretien régulier des composants (compresseur, filtres frigorifiques, etc.).
Consommables	Fluides frigorigènes.

Environnement	
Consommation énergie	Meilleure efficacité énergétique, permet de réduire la consommation d'énergie pour chaque unité d'eau prélevée
Rejets	Eau de condensation Unité : l/ jour
Technologie	Les fluides frigorigènes utilisés dans le cycle frigorifique en ce moment ne sont pas respectueux de l'environnement.

4. CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Les fluides frigorigènes utilisés dans les équipements de climatisation et de réfrigération ou pompes à chaleur sont de puissants gaz à effet de serre qui peuvent appauvrir la couche d'ozone. Leur usage est encadré par le droit de l'Union Européenne, notamment les règlements n° 1005/2009 du 16 septembre 2009 et n° 517/2014 du 16 avril 2014.

Le Décret n° 2015-1790 du 28 décembre 2015 relatif à certains fluides frigorigènes et aux gaz à effet de serre fluorés repris dans le Code de l'environnement définit un programme progressif d'interdiction d'utilisation des différents fluides frigorigènes de type chlorofluorocarbures.

La réglementation F-Gas a été modifiée en 2014 avec l'introduction d'une limitation progressive de la mise sur le marché des HFC. L'année 2018 sera une année charnière car elle verra une réduction très importante des quotas, ce qui aura un effet sur le prix des fluides frigorigènes.

5. IMPACT AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Pas d'impact de cette technologie de séchage

6. ÉQUIPEMENTS, CONSTRUCTEURS, MATURITE...

- **Maturité de la technologie**

Cette technologie est mise en œuvre depuis longtemps pour le traitement de nombreux produits. Elle fait l'objet d'applications et de recherches, en particulier pour le traitement des produits végétaux dans les pays asiatiques (Chine, Inde, Turquie, ...). Des équipements sont commercialisés dans ces pays.

La technologie de séchage par pompe à chaleur a été combinée avec d'autres techniques de séchage afin d'obtenir une meilleure qualité du produit, une consommation d'énergie réduite, un coefficient de performance élevé et une efficacité thermique accrue : séchage solaire assisté par pompe à chaleur, séchage par micro-ondes, le séchage infrarouge, le séchage en lit fluidisé, le séchage par radiofréquence, la zéodratation.

Ceci est particulièrement vrai pour les matériaux sensibles à la chaleur comme les fruits et légumes qui ne nécessitent que des températures basses. Par exemple, la combinaison du HPD avec le séchage solaire améliore le séchage et réduit les coûts.

- **EQUIPEMENT - CONSTRUCTEURS**

- **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



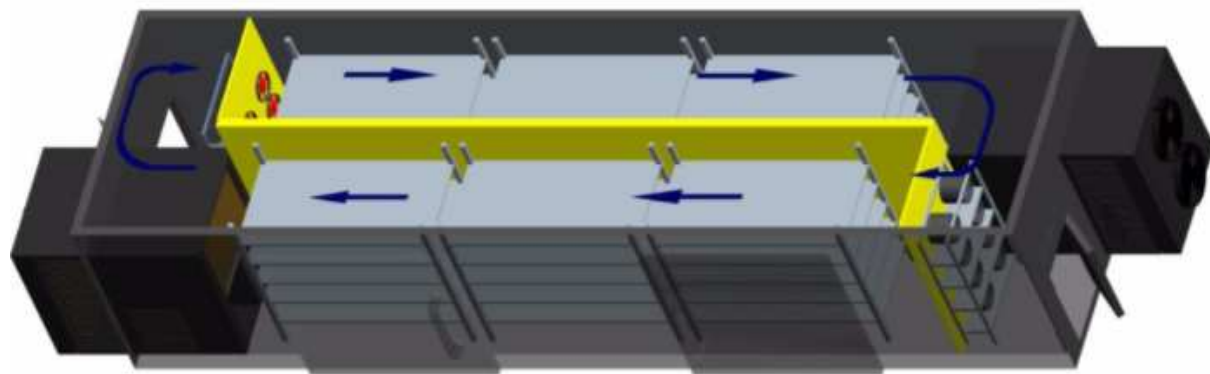
Modèle	Capacité	Nombres de tiroirs	Puissance électrique W
NWT - 25	40 kg	6	720
NWT - 100	100kg	20	1900
NWT - 200	300 kg	39	3400
	400		
NWT - 400	500 kg	195	7200

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

Constructeur chinois. Heat pump dryer / Alibaba-

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

- Guangzhou Kaineng Electric Equipment Co., Ltd. Gamme 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
Dying cold serie http://www.dllj.com/e_products/?big_id=1

7. BIBLIOGRAPHIE UTILE

Produits	Température de traitement T °C	Autres paramètres	Articles
Mint leaves	35 °C	cylindrical form of drying chamber at low drying air temperature	Aktaş, 2017
Mint leaves	35°C, 40°C and 45°C	volumetric flow rates 300 m ³ /h for a velocity of 0.75 m/s and 600 m ³ /h for a velocity of 1.5 m/s	Aktas, M 2014
Ginger	50 °C	200 minutes using air and nitrogen	Khanuengnit Chapchaimoh, 2016
Valerian roots (Valeriana officinalis L.)	36.84 ° About 89 hours		
Jew's mallow, spearmint and parsley	55	surface load of 28 kg/m ² 2.7 m/s	Fatouh M, 2006

Aktaş M Ataollah Khanlari, Burak Aktekeli, 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., Tabatabaekoloor, 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

SYNTHESES

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>

