



HAL
open science

Séchage solaire convectif pour la conservation des feuilles de romarin (*Rosmarinus officinalis*)

Mohamed Aghfir, Mohammed Kouhila, Abdelkrim Jamali, Laila Ait Mohamed

► **To cite this version:**

Mohamed Aghfir, Mohammed Kouhila, Abdelkrim Jamali, Laila Ait Mohamed. Séchage solaire convectif pour la conservation des feuilles de romarin (*Rosmarinus officinalis*). JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00160442

HAL Id: hal-00160442

<https://hal.science/hal-00160442>

Submitted on 29 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SECHAGE SOLAIRE CONVECTIF POUR LA CONSERVATION DES FEUILLES DE ROMARIN (*ROSMARINUS OFFICINALIS*)

Mohamed AGHFIR, Mohammed KOUHILA, Abdelkrim JAMALI, Laila AIT MOHAMED

Laboratoire d'Energie Solaire et des Plantes Aromatiques et Médicinales,
Ecole Normale Supérieure, B.P 2400, Marrakech, Maroc
aghfir@gmail.com

Résumé : Dans le but de contribuer à la valorisation du procédé de séchage et de stockage des plantes aromatiques et médicinales, nous nous sommes intéressés à l'étude de la cinétique de séchage des feuilles de romarin (*Rosmarinus officinalis*). Les expériences ont été réalisées dans un séchoir à couche mince partiellement solaire fonctionnant en convection forcée et muni d'une source auxiliaire d'énergie. Pour déterminer l'influence de la température et du débit de l'air asséchant sur la vitesse de séchage, nous avons réalisé six expériences (deux débits d'air (100 et 200 m³/heure) à trois températures (50, 55 et 60°C)). Les résultats expérimentaux obtenus, nous ont permis de déterminer l'évolution temporelle de la teneur en eau et le profil de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau pour différentes conditions aérothermiques de l'air asséchant. Nous avons également établi un modèle de la courbe caractéristique de séchage pour les feuilles de romarin.

Mots-clés :

Cinétique de séchage ; Courbe caractéristique ; Romarin ; Séchage solaire convectif.

1. INTRODUCTION

Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) connaissent un développement important sur le plan international avec 3500 plantes en 1998. Actuellement La flore marocaine est estimée à 4200 plantes. Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) est une plante appartenant à la famille des Labiées. Au Maroc, on le trouve dans les régions de Boulmane et Oujda. Des recherches récentes ont démontré que l'huile de romarin possède certaines propriétés antibactériennes [1]. En usage externe, il soigne les angines et tonifie le cuir chevelu, il est utilisé en cosmétique [2].

A nos jours la filière des PAM connaît une évolution importante au Maroc. Beaucoup de recherches sont menées dans le domaine de l'extraction des huiles essentielles et peu de travaux se sont intéressés aux problèmes liés à la conservation de ces plantes. Or, une plante si elle n'est pas séchée dans de bonnes conditions, elle risque de se dégrader et par suite de perdre la totalité de ses huiles essentielles. Le séchage permet d'améliorer la qualité des produits, d'augmenter leur durée de vie et de faciliter leurs transformations. Le mode de séchage utilisé ici est celui de la convection forcée, il permet un transfert simultané de chaleur et de masse (vapeur issue du produit), le fluide sécheur utilisé est l'air chaud.

2. MATERIEL ET MODE OPERATOIRE

Le système de séchage utilisé est un séchoir convectif indirect comportant une source de chaleur d'appoint et un ventilateur à débit d'air variable, ce système de séchage permet de contrôler la température et le débit d'air asséchant.

L'air ambiant est préalablement chauffé dans un insolateur. Un ventilateur centrifuge aspire l'air chaud de l'insolateur et le propulse à travers un conduit d'aspiration aéraulique. Des résistances électriques fournissent en cas de besoin un appoint en énergie permettant d'assurer une température de séchage constante à l'entrée de la chambre de séchage.

La masse du produit à sécher est fixée à $33,50 \text{ g} \pm 0,01\text{g}$. La température de séchage est réglée à l'aide du thermostat. On fixe le débit d'air entrant dans la chambre de séchage. Au début, l'intervalle de temps entre deux pesées successives est de dix minutes. Cet intervalle augmente au fur et à mesure que la masse du produit diminue. Chaque pesée donne la masse humide du produit $M_h(t)$. L'expérience de séchage est arrêtée lorsque la masse du produit devient constante. Par étuvage à 105°C pendant 24 heures, on détermine la masse sèche M_s . La teneur en eau du produit est donnée par :

$$X(t) = \frac{M_h(t) - M_s}{M_s} \quad (1)$$

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Conditions de séchage des feuilles de romarin

Les différentes conditions expérimentales de séchage sont présentées dans le tableau 1. Les expériences de séchage sont réalisés pour trois températures de l'air asséchant ($T = 50, 55$ et $60 \pm 0,1^\circ\text{C}$) et pour deux débits d'air ($Dv = 0,0227$ et $0,0556 \pm 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$). La température ambiante durant la période de séchage varie de 24 à $35 \pm 1^\circ\text{C}$, l'humidité de l'air ambiant de 14 à $35 \pm 2 \%$. La teneur en eau initiale des feuilles du romarin varie de l'ordre de $1,3131$ à $2,0506 \%$ MS et elle a été réduite à une teneur en eau finale de $0,0315$ à $0,3703 \%$ MS.

Expériences	Température ambiante ($^\circ\text{C}$)	Debit (m^3s^{-1})	Température air ($^\circ\text{C}$)	Durée de séchage (<i>min</i>)
1	26,90	0,028	50	140
2	26,90	0,028	55	130
3	31,20	0,028	60	50
4	23,60	0,056	50	100
5	34,60	0,056	55	110
6	27,10	0,056	60	70

Tableau 1: Conditions de séchage des feuilles de romarin

3.2 Courbes de séchage

Les courbes de séchage, des feuilles de romarin obtenues expérimentalement, décrivant l'évolution de la teneur en eau en fonction du temps, sont présentées par la figure 1. Celles décrivant l'évolution de la vitesse de séchage en fonction du temps, sont représentées par la figure 2.

Les différentes courbes de séchage obtenues (figures 1 et 2) montrent l'allure décroissante de la teneur en eau et de la vitesse de séchage en fonction du temps. Elles confirment aussi l'absence de la phase 0 et I lorsque le produit est en feuille et la présence unique de la phase II, comme dans de nombreux cas de produits végétaux [3-6]. Dans cette phase décroissante, le séchage est caractérisé par la diffusion d'eau dans le solide [7].

La décroissance de la vitesse de séchage en fonction du temps, s'explique par le fait qu'au début du séchage, l'évaporation de l'eau se trouvant à la surface du produit ne demande

pas beaucoup d'énergie, par contre la diffusion de l'eau de la partie intérieure du produit vers la surface nécessite beaucoup de temps [8].

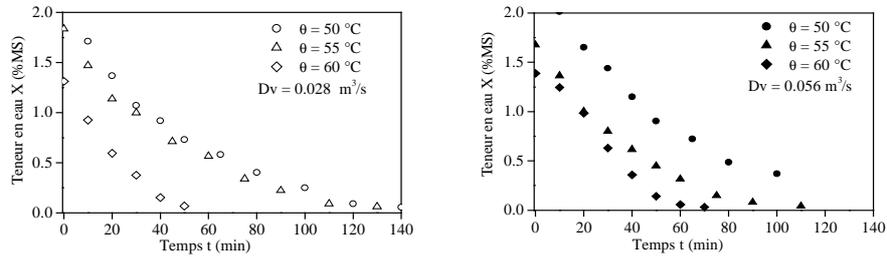


Figure 1 : Variation de la teneur en eau pour différentes conditions de l'air asséchant

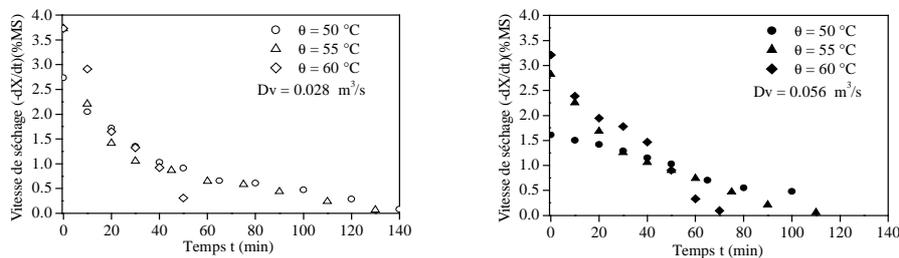


Figure 2 : Variation de la vitesse pour différentes conditions de l'air asséchant

3.3 Influence de la température sur la vitesse de séchage

Pour un même débit d'air asséchant, la vitesse de séchage augmente quand la température de l'air asséchant croît et par conséquent la teneur en eau des feuilles du romarin diminue considérablement Figure 3. Ce résultat est en accord avec d'autres travaux sur le séchage solaire des produits agroalimentaires [9, 10].

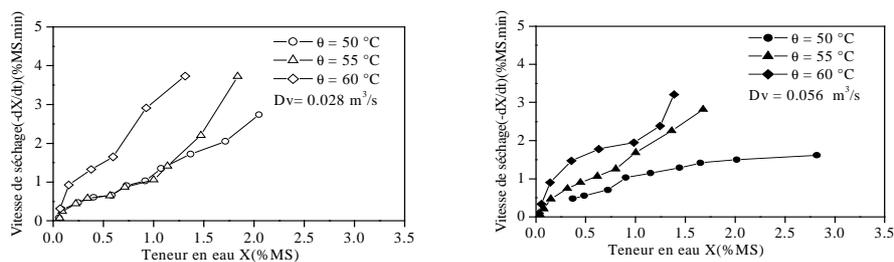


Figure 3 : Influence de la température sur la vitesse de séchage du romarin

3.4 Courbe caractéristique de séchage (CCS) des feuilles de romarin

Le principe de cette méthode consiste à rassembler les résultats expérimentaux, pour diverses conditions de l'air asséchant sur une seule courbe dite CCS pouvant être utilisable par l'ensemble des scientifiques [4]. La méthode développée par [11] consiste à représenter le rapport de la vitesse de séchage à l'instant t à la vitesse de première phase, dans les mêmes conditions de l'air asséchant en fonction de la teneur réduite X^* d'où :

$$X^* = \frac{X(t) - X_{eq}}{X_{cri} - X_{eq}} = \frac{X(t) - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad (2)$$

$$f = \frac{(-dX/dt)_t}{(-dX/dt)_0} = \frac{(-dX/dt)_t}{(-dX/dt)_0} \quad (3)$$

Sur la figure 4, sont représentées les vitesses de séchage normées (f) en fonction des teneurs en eau réduite (X^*). Cette figure montre un bon regroupement des courbes de séchage en dépit des variations des propriétés aérothermiques de l'air.

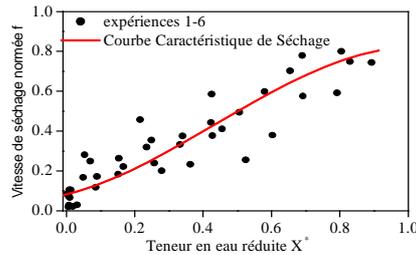


Figure 4 : Courbe caractéristique de séchage (CCS) des feuilles de romarin

Le lissage de la courbe caractéristique de séchage des feuilles de romarin a permis de déterminer l'équation caractéristique de la vitesse de séchage sous forme d'un polynôme de degré 3 :

$$f = 0,08168 + 0,42368 X^* + 1,32818 X^{*2} - 1,01452 X^{*3} \quad (4)$$

Les critères utilisés pour prévoir la meilleure équation qui décrit la CCS sont le coefficient de corrélation $r = 0,9743$ et l'erreur standard $S_r = 0,0476$.

CONCLUSION

Le séchage solaire des feuilles de romarin est étudié dans un séchoir solaire convectif comportant une source de chaleur d'appoint. D'après les expériences effectuées à des conditions différentes de l'air asséchant, les courbes de séchage présentent l'allure décroissante (phase II), l'absence de la phase 0 (mise en température) et la phase I (allure constante). La température de l'air asséchant est le facteur le plus influant sur la cinétique de séchage. La courbe caractéristique de séchage obtenue permet de généraliser les données de cinétique de séchage des feuilles de romarin.

Nomenclature

D_v	débit d'air, $m^3 s^{-1}$	X_{eq}	teneur en eau d'équilibre, kg eau.(kg MS) ⁻¹
dX/dt	vitesse de séchage, kg eau.(kgMS) ⁻¹ s ⁻¹	$X(t)$	teneur en eau à l'instant t, kg eau.(kg MS) ⁻¹
f	vitesse de séchage normée, kg eau.(kgMS) ⁻¹ s ⁻¹	X^*	teneur en eau réduite, kg eau.(kg MS) ⁻¹
$M_h(t)$	masse humide à l'instant t, kg	X_0	teneur en eau initiale, kg eau.(kgMS) ⁻¹
$M_s(t)$	masse sèche à l'instant t, kg		
T	température, °C		
X_{cri}	teneur en eau critique, kg eau.(kg MS) ⁻¹		

Références

- [1] J.C. Chalchat, R.P. Garry, A. Michet, B. Benjilali, J.L. Chabart, Essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*), the chemical composition of oil various origins Morocco, Spain, France, *J Essent Oil Re*, 5 (6), pp613-618, 1993.
- [2] J. Bellakhdar, La pharmacopée marocaine traditionnelle : médecine arabe ancienne et savoirs populaires, *Le Fennec, Casablanca*, pp397-399, 1997.
- [3] A. Belghit, M. Kouhila, B.C. Boutaleb, Experimental study of drying kinetics by forced convection of aromatic plants, *Energy Conversion & Management*, 44, pp1303-1321, 2000.
- [4] L. Ait Mohamed, M. Kouhila, A. Jamali, S. Lahsasni, N. Kechaou, M. Mahrouz. Single layer solar drying behaviour of *Citrus aurantium* leaves under forced convection. *Energy conversion and Management*, 46 (9-10), pp147-148, 2005.
- [5] M. Kouhila, N. Kechaou, M. Otmani, M. Fliyou, S. Lahsasni. Experimental study of sorption isotherms and drying kinetics of Moroccan *Eucalyptus globulus*. *Drying Technology*, 20(10), pp2027-2039, 2002.
- [6] S. Bellagha, E. Amami, A. Farhat, N. Kechaou, Drying kinetics and characteristic drying curve of lightly salted sardine (*Sardinella aurita*), *Drying Technology*, 20, pp 1523-1534, 2002.
- [7] M. Karel, Role of water activity. In Food Properties and Computer-Aided Engineering of Food Processing Systems, (R. P. Sing, and A. G Medina, eds.), *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston and London*, pp135-156, 1988.
- [8] R. Al hodali, Numerical simulation of an agricultural foodstuffs drying unit using solar energy and adsorption process. *Thèse de Ph.D, Université Libre de Bruxelles, Belgique*, 309 p, 1997.
- [9] S. Lahsasni, M. Kouhila, M. Mahrouz, A. Idlimam, A. Jamali. Thin layer convective solar drying of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*), *Energy*, 29, pp211-224, 2004.
- [10] B.H. Hassan, A.I. Hobani, Thin layer drying of dates, *Journal of Food Process Engineering*, 23, pp177-189, 2000.
- [11] D.A. Van Meel, Adiabatic convection batch drying with recirculation of air, *Chemical Engineering Science*, 9, pp36-44, 1958.