

## ETUDE ET MODELISATION DE LA CINETIQUE DE SECHAGE DU *CAPPARIS SPINOSA* DU SUD TUNISIEN

### [ DETERMINATION AND MODELING OF DRYING KENITICS OF CAPPARIS SPINOSA FROM SOUTH OF TUNISIA ]

*Nadia NASFI and Mohamed BAGANE*

Laboratoire des interactions des fluides et milieux poreux,  
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès, Université de Gabès, Tunisia

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to determine and model kinetic drying of leaves of Capparis Spinosa. Leaves were dehydrated in an oven until constant mass. The applied temperatures were 40°C, 50°C and 60°C. The results show that drying curves of leaves of Capparis Spinosa do not present a constant period. The effective diffusivity of leaves of Capparis Spinosa varied between  $1,09 \times 10^{-11}$  and  $1,82 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s in the range of 40°C to 60°C. Curve expert software was used to find the best model for evaluating the rate of change of moisture change. Among the tested models, Logarithmic and Page models fitted the best the experimental results.

**KEYWORDS:** Capparis Spinosa, drying, kinetic, diffusivity, Logarithmic, Page.

**RÉSUMÉ:** L'objectif de cette étude est la détermination et la modélisation de la cinétique de séchage des feuilles du Capparis Spinosa; Les feuilles ont été déshydratées jusqu'à une masse constante dans une étuve. Les températures de séchage sont : 40,50 et 60°C. Les résultats montrent que les courbes de séchage des feuilles de Capparis Spinosa ne présentent pas une phase de cinétique constante. Les coefficients de diffusion varient entre  $1,09 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s et  $1,82 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s dans l'intervalle de 40°C et 60°C. Curve expert est utilisé pour trouver le meilleur modèle qui lisse la variation de l'humidité modèle. Parmi les modèles testés, le modèle logarithmique et le modèle de Page décrivent le mieux les courbes caractéristiques de séchage trouvées expérimentalement.

**MOTS-CLEFS:** Capparis Spinosa, séchage, cinétique, logarithmique, Page.

## 1 INTRODUCTION

L'étude des plantes aromatiques médicinales est un axe qui prend de plus en plus de l'importance. En effet ces plantes sont généralement dotées de propriétés biologiques intéressantes. En particulier, la maîtrise du séchage de ces plantes est indispensable. Elle nécessite essentiellement la connaissance des données de bases, en l'occurrence les isothermes de sorption et les courbes de cinétiques de séchage.

Le Capparis Spinosa connu sous le nom câprier est une plante médicinale qui a des propriétés anti oxydantes et anti inflammatoires [1].

Ainsi l'objectif de ce travail est de déterminer les courbes caractéristiques de séchage des feuilles de Capparis Spinosa et la diffusivité de l'humidité dans ces feuilles.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRESENTATION DE LA MATIÈRE VEGETALE

La matière végétale qui a fait l'objet de ce travail est constituée de feuilles de *Capparis Spinosa* récoltées dans la région de Gabès (sud tunisien). La floraison de cette plante débute au mois de mai et dure 5 mois.

En médecine, l'écorce des racines est utilisée comme analgésique, pour le traitement des infections gastro-intestinales et comme diurétique. Les écorces sont récoltées en automne et séchées pour un usage ultérieur. Cette plante est aussi utilisée comme laxatif et pour stimuler l'appétit. En usage externe, ils servent à soigner les infections oculaires.

### 2.2 MODE OPERATOIRE

Les feuilles de *Capparis Spinosa* sont préalablement nettoyées puis découpées en petits morceaux. Le séchage est fait à l'étuve à trois températures différentes 40°C, 50°C et 60°C. La mesure de la masse est effectuée manuellement à l'aide d'une balance ayant une précision de 0,001 g.

### 2.3 CONCEPTS FONDAMENTAUX

La teneur en eau  $X_{db}$  est calculée en utilisant l'équation (1).

$$X_{db} = \frac{M_h - M_s}{M_s} \quad (1)$$

Avec :

- $X_{db}$  : teneur en eau rapportée à la masse sèche.
- $M_h$  : masse de l'échantillon humide.
- $M_s$  : masse sèche de l'échantillon.

La vitesse de séchage ou Drying Rate (DR) qui décrit l'évolution de la teneur en eau en fonction du temps est exprimée par l'équation n°2 [2].

$$DR = \frac{\Delta(x_{db})}{\Delta t} \quad (2)$$

### 2.4 METHODE DE DETERMINATION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION

D'après la littérature le taux d'humidité ou Moisture Ratio (MR) peut être exploité pour calculer le coefficient de diffusion. En effet, on a [3] :

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 \cdot D_{eff}}{4 \cdot L^2} \cdot t \quad (3)$$

Avec :

$D_{eff}$  : coefficient de diffusion

L : moitié de l'épaisseur de l'échantillon

Le coefficient de diffusion est donc calculé à partir du graphique portant en abscisse le temps de séchage et en ordonnée Ln MR. La pente des droites de régression donnant Ln MR en fonction du temps permet de calculer le coefficient de diffusion de l'humidité.

### 2.5 MODELISATION DES ISOTHERMES DE SORPTION

Pour le lissage des courbes caractéristiques de séchage il existe dans la littérature plusieurs modèles mathématiques. Le tableau n°1 donne les modèles utilisés dans notre travail pour le lissage des résultats expérimentaux.

Tableau 1. Modèles mathématiques de séchage

Nom du modèle	Modèle mathématique
Newton	$MR = \exp(-k \times t)$ (4)
Page	$MR = \exp(-k \times t)^n$ (5)
Henderson and Pabis	$MR = a \times \exp(-k \times t)$ (6)
Logarithmique	$MR = a \times \exp(-k \times t) + c$ (7)

### 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 VITESSE DE SECHAGE

Les courbes donnant la variation de la teneur en eau des feuilles en fonction du temps sont regroupées sur la figure n°1.

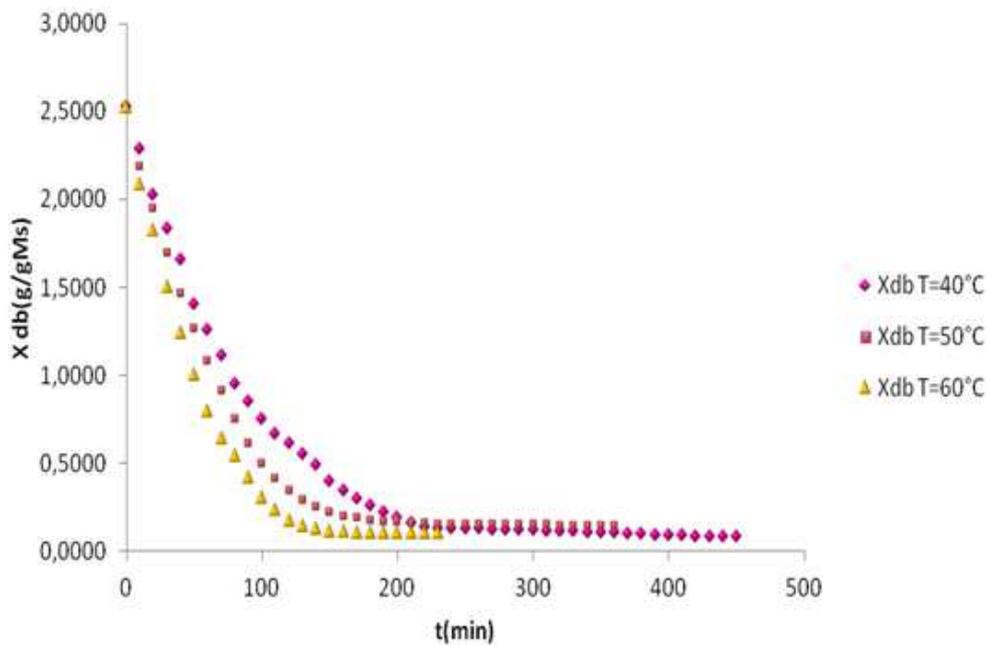


Fig. 1. Variation de la teneur en eau en fonction du temps

Il est remarquable d'après la figure n°1 qu'une augmentation de la température conduit à une diminution du temps de séchage. En effet, on a une diminution de temps de séchage de l'ordre de 20% en passant de 40°C à 50°C et de l'ordre de 36% en passant de 50°C à 60°C. Ce même comportement est trouvé dans la littérature pour d'autres plantes médicinales [4].

Les courbes de la figure n°2 donnent les vitesses de séchage en fonction des teneurs en eau des feuilles de Capparis Spinosa pour les trois températures de séchage considérées.

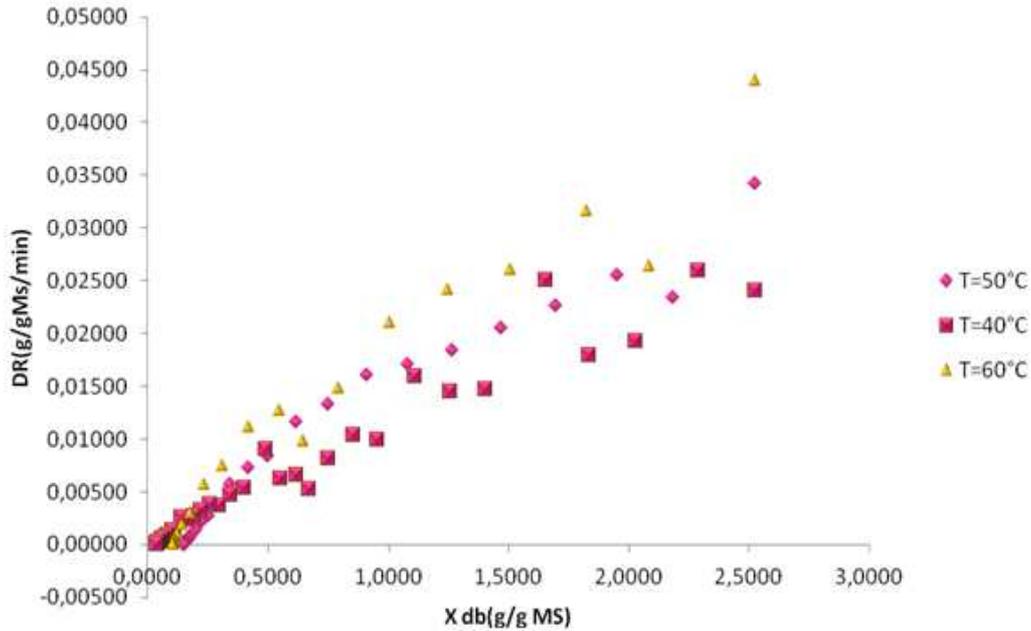


Fig. 2. Variation de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau

L'examen de la figure n°2 montre que la vitesse de séchage dépend de la teneur en eau de l'échantillon et que globalement la vitesse de séchage diminue lorsque l'humidité de l'échantillon diminue. Pour une même teneur en eau la vitesse de séchage est plus importante lorsque la température de séchage est élevée.

On remarque l'absence de la première phase de séchage ceci est dû au fait que les feuilles ne sont pas saturées en eau et ne contiennent pas d'eau libre.

### 3.2 COEFFICIENT DE DIFFUSION

Afin de déterminer les coefficients de diffusion, on a porté  $\ln(MR)$  en fonction du temps pour les différentes températures considérées. La figure 3 regroupe les courbes obtenues.

En tenant compte de l'équation (3) et des résultats rassemblés sur la figure 3, on a calculé les coefficients de diffusion.

Les valeurs des coefficients de diffusion trouvées de l'humidité dans les feuilles de Capparis Spinosa sont :  $1,09 \times 10^{-11}$ ;  $1,45 \times 10^{-11}$  et  $1,82 \times 10^{-11}$   $m^2/s$  respectivement à 40°C, 50°C et 60°C. On remarque que le coefficient de diffusion augmente en fonction de la température.

Ces résultats sont en parfait accord avec les coefficients de diffusion trouvés dans la littérature pour d'autres plantes [5], [6], [7].

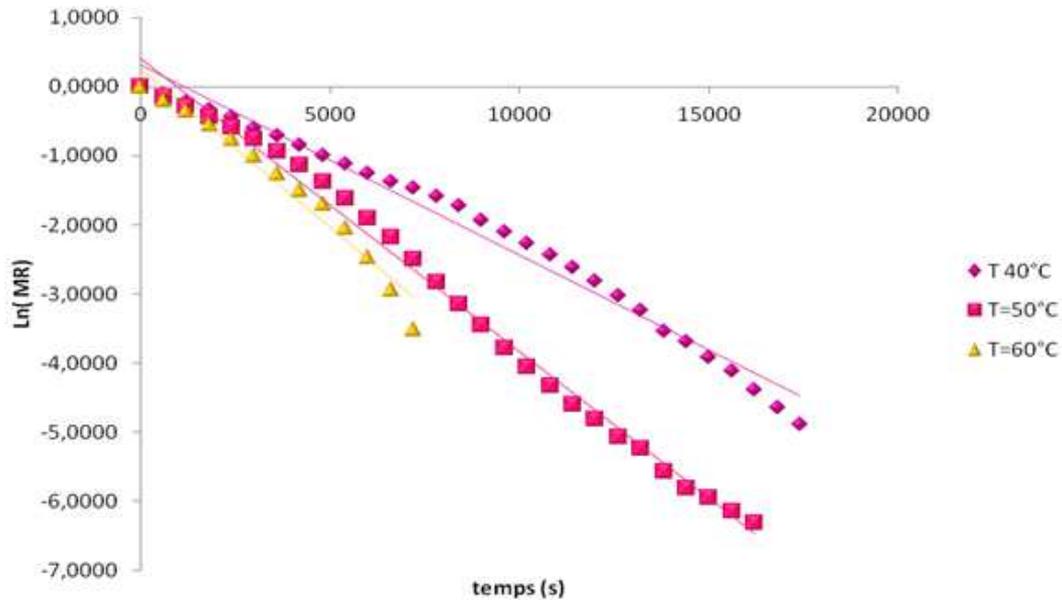


Fig. 3. Variation de la teneur en eau en fonction du temps

### 3.3 MODELISATION DES COURBES CARACTERISTIQUES DE SECHAGE

On a utilisé le logiciel Curve Expert pour le lissage des résultats obtenus pour le séchage des feuilles de Capparis Spinosa en appliquant les modèles donnés dans le tableau n°2. Les critères d'évaluation pour le choix du meilleur modèle pour le lissage des courbes caractéristiques de séchage sont le coefficient de détermination  $R^2$  et l'erreur standard  $e$ .

Tableau 2. Valeurs des coefficients de détermination et des erreurs

Modèle	Température (°C)	$R^2$	$e$
Newton	40	0,994	0,028
	50	0,9944	0,0285
	60	0,9846	0,0452
Page	40	0,9994	0,014
	50	0,9991	0,0115
	60	0,9898	0,0452
Henderson and Pabis	40	0,9979	0,0168
	50	0,9955	0,0261
	60	0,9854	0,0449
Logarithmique	40	0,9981	0,0105
	50	0,9989	0,1481
	60	0,9975	0,0189

## 4 CONCLUSION

Le séchage des feuilles de Capparis Spinosa a été étudié à trois températures différentes : 40°C, 50°C et 60°C. A l'issu de ce travail on a pu dégager les conclusions suivantes :

- Le taux d'humidité et la vitesse de séchage sont directement affectés par la température. Une augmentation de température permet d'augmenter la vitesse de séchage et de diminuer le temps de séchage.
- Le coefficient de diffusion augmente avec la température.

- Parmi les modèles mathématiques testés pour le lissage des courbes caractéristiques de séchage le modèle des feuilles de *Capparis Spinosa*, le modèle logarithmique et le modèle de Page sont les meilleurs. Ils présentent les coefficients de détermination les plus élevés et les erreurs les moins importantes.

#### RÉFÉRENCES

- [1] A. Badou et al ,“*Capparis Spinosa* L. promotes anti-inflammatory response in vitro through the control of cytokine gene expression in human peripheral blood mononuclear cells,” *BMV Immunology*, 2016.
- [2] Aktas, A., Sevik, S., Amini, A and Khanlari, A,“ Analysis of drying melon in a solar-heat recovery assisted infrared dryer”, *Solar Energy* ,137,pp.500-515, 2016.
- [3] Gulcimen, F., Karakaya, H and Durmus, A, .” Drying of sweet basil with solar air collectors”, *Renewable Energy* 93, pp. 77-86, 2016.
- [4] Norhashima, H., Onwude, D and Ezaldina, R, “ A Preliminary study: kinetic Model of Drying Process of Pumpkins (*Cucurbita Moschata*) in a convective Hot air Dryer”, *Agriculture an Agricultural Science Procedia* 2: 345-352, 2014.
- [5] Bezzara, C, V., Meller da silva, L, H., Correa, D, F and Rodrigues, A, M, C . “A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel”, *International Journal of Heat and Mass transfer* 85. pp.750-755, 2015.
- [6] Bennamoun, L., Kharma, R and Leonard, A. “Convective drying of a single cherry tomato: modeling and experimental study, *Food and Bioproducts Processing*”, 2015.
- [7] Toyosi, A., Tunde, A., Grace, O and Ogunlakin, . “Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity and energy requirements during the drying of pretreated and untreated pumpkin, energy conversion and management”, volume 52, issue 2 : pp.1104-1113, 2011.