



Le séchage convectif et l'estimation du coefficient de diffusion des fruits de fraises (*Fragaria x ananassa*)

Menasra Amina ^{#1} and Fahloul Djamel ^{*2}

^{#1and2} Department of Food technology, Food Science Laboratory (FSL), Institute of Agricultural Sciences and Veterinary Sciences, University Hadj Lakhdar -Batna- (UHB). Algeria.

^{#1}menasraamina@gmail.com

Résumé – Ce travail, aborde l'étude de l'effet de séchage convectif par l'utilisation d'une étuve ventilée (type *Memmert*) sur la qualité, sur les cinétiques de vitesse, de coefficient de diffusivité massique et de l'énergie d'activation des fruits de fraise. Les températures étudiées sont 40, 50, 60 et 70 C°. Les fraises ont été séchées sous deux formes : entière et coupée (moitié). Les résultats de ce travail montrent que le coefficient de diffusion des fraises varie entre $1,64 \times 10^{-9}$ et $3,86 \times 10^{-7}$ (m²/s) avec l'augmentation de la température. Les valeurs de l'énergie d'activation sont respectivement 123,65 et 93,47 (kJ/mole) pour les fraises entières et coupées.

Mots clés - Fraise, Séchage, Caractéristique, Cinétique

I. INTRODUCTION

Les légumes et les fruits sont des principales sources des fibres, des vitamines, des glucides ainsi que des minéraux, des antioxydants et des polyphénols. Généralement, ils sont, issus des zones de production très localisées et profondément spécialisées avec des saisons de production souvent courtes [1]-[6].

La fraise (*Fragaria x ananassa*) est un fruit très populaire de bon goût et de haute valeur nutritive. Elle pourrait être consommée fraîches ou dans beaucoup d'autres formes telles que le jus, le concentré de la confiture, la gelée ou bien séchée ou réhydratée avec de yaourt et des produits de boulangerie [6].

En raison de la sensibilité des fruits de fraise à la détérioration microbiologique, ils sont très difficiles à commercialiser [7].

La température et l'humidité relative de l'air ambiant sont affectées sur l'apparence et la qualité des fraises fraîches. Ces

fruits forment une partie plus délicate avec une durée de vie post-récolte extrêmement très courte [7]-[8].

Le séchage est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des aliments et représente un très important aspect du transformation des aliments [4]-[6].

Le but de séchage consiste à diminuer la teneur en eau des produits agroalimentaires jusqu'aux des valeurs résiduelles inhibant le développement de tout micro-organisme permettant ainsi leur stockage dans des conditions ambiantes [4].

Le développement scientifique et technologique a permis de diversifier et de mettre en œuvre des plusieurs méthodes de séchage [5].

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de séchage convectif par l'air chaud sur la qualité, sur les cinétiques de vitesse, de coefficient de diffusivité massique et de l'énergie d'activation des fruits de fraise.

II. MATÉRIEL ET METHODS

II.1. Matériel

La fraise (*Fragaria x ananassa*) a été achetée au marché de la wilaya de *Batna* et stockée à 4 C° pour être utilisée comme échantillon de séchage.

Les fruits ont été séchés à convection naturelle par l'air chaud, on a utilisé une étuve ventilée de type *Memmert*. Le poids initial des fraises a été mesuré en utilisant une balance électronique



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016



(Marque *Sartorius*, précision $\pm 0,0001$), les dimensions des glands ont été déterminées par le pied à coulisse à lecture digitale (Marque *Var, digital caliper*) et la couleur a été évaluée par le colorimètre (*Color Reader*, modèle *CR 10. Input : 8V/9V=1,5A*)

II.2. Méthodes

II.2.1. Evaluation de la qualité des fruits de fraise

Les différentes dimensions des fruits de fraise, la teneur en eau et la couleur ont été déterminées pour estimer leur qualité [15]-[18].

II.2.1.1. Détermination de la teneur en eau des fraises utilisées

La teneur en eau des fraises était déterminée selon la méthode de *Karathanos* [10]. Environ $2,5 \pm 0,1$ g de fraise était séchée par l'étuve ventilée (*Memmert, Allemagne*) à 65°C pendant 48 h. La teneur en eau est définie comme étant la perte de poids subie lors de la dessiccation [3]-[15].

II.2.1.2. Evaluation de la couleur des fraises

La couleur de la des fruits de fraises a été mesurée avec un colorimètre tristimulus réflectance portatif (*Color Reader*, modèle *CR 10. Input : 8V/9V=1,5A*). La couleur a été enregistrée à l'aide la *CIE-L* a* b** de l'espace de couleur uniforme (*CIE-Lab*), où *L** indique la clarté, *a** indique chromaticité sur un vert (-) au rouge (+) axe, et *b** chromaticité sur une bleu (-) à jaune (+) axe [18].

II.2.2. Préparation des échantillons

Les fruits de fraise ont été préparés sous deux formes d'échantillons :

- Des fraises entières ;
- Des fraises coupées en deux.

II.2.3. Processus de séchage par convection

Il existe des nombreux outils et des plusieurs appareils assurent la fonction de séchage (*micro-onde, four électrique, lyophilisateur.....etc*). Le séchage a été réalisé dans une étuve ventilée (*type Memmert*) par convection naturelle à quatre

températures $40, 50, 60$ et 70°C [2]-[4]. La masse des échantillons a été contrôlée tout a longue de processus de séchage jusqu'à la stabilisation de poids [5]-[6]. Ce contrôle permet d'obtenir des courbes dites "*cinétiques de séchage*" qui interprètent les différentes phases de séchage des fruits de fraise [6]-[7].

L'étuve a été réglée à une température de séchage sélectionnée pendant 30 minutes avant le début de l'expérience pour atteindre des conditions stables. Ensuite, les fruits de fraise ont été placés dans l'étuve.

Pendant les 30 premières minutes, le poids des fraises a été mesuré à intervalle de 5 minutes, alors que pendant les 60 minutes suivantes, leur masse a été mesurée à intervalle de 10 minutes et le reste du temps, le poids a été mesuré à intervalle de 30 minutes. La masse des fraises a été mesurée jusqu'à ce que l'humidité atteigne l'équilibre [1]-[2].

II.2.4. Estimation de la diffusivité massique et de l'énergie d'activation

Le transfert de l'humidité pendant le séchage est contrôlé par la diffusion interne. La deuxième loi de *Fick* de diffusion a été largement utilisée pour décrire le processus de séchage pour la plupart des produits biologiques. La solution de la deuxième loi de *Fick* proposée par *Crank* [14]-[15] est:

$$\frac{\bar{M} - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[(-2n-1)^2 \frac{\pi^2 D t}{4 L^2}\right] \quad (1)$$

La solution prend en compte la teneur en eau initiale (M_0), la teneur en eau à l'équilibre (M_e) et l'épaisseur de l'échantillon (L). Simplifiant l'équation (1) en prenant le premier terme de la solution de série et en supposant M_e égal à 0 [10].

$$MR = \frac{M}{M_0} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2 D t}{4 L^2}\right] \quad (2)$$

Comme le séchage arrive seulement sur une surface de l'échantillon, l'épaisseur L dans les équations (1) et (2) est remplacée par $L/2$. L'équation de la couche mince utilisée par *Zogzas* [19]-[22] est:

$$-\frac{DM}{Dt} = K.(M - M_e) \quad (3)$$



Avec K , la constante de séchage. En comparant les équations (2) et (3) [7]-[8], la constante de séchage (K) peut être rapprochée à la diffusivité massique par la relation suivante [16] :

$$K = \frac{\pi^2 D}{L^2} \quad (4)$$

La relation entre la température et la diffusivité massique selon l'expression d'Arrhenius [11] :

$$D = D_0 \cdot e^{(E_a / RT)} \quad (5)$$

Comprenant le facteur Arrhenius (D_0), l'énergie d'activation (E_a), la température (T) et la constante des gaz parfaits (R). L'énergie d'activation peut être déterminée à partir de la pente de l'équation (6) [10]- [11] :

$$\ln D = \ln D_0 - (E_a - RT) \quad (6)$$

II.2.5. Détermination de pouvoir d'absorption d'eau des fraises séchées

La capacité et le taux d'absorption d'eau des fraises séchées ont été évalués comme suite:

Les fraises entières et coupées (environ $0,51 \pm 0,02$ g) ont été placées dans des passoirs poignées de clip, et immergées dans l'eau distillée (à $20 \pm 0,05$ C°). À des intervalles de temps spécifiques (0, 0,5, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 et 180 min.), puis les fraises ont été retirées de l'eau, avec de papier essuie pour éliminer l'eau superficielle. Le poids a été déterminé au moyen d'une balance analytique de précision ($\pm 0,0001$) de marque type *Sartorius* [23].

III. Résultats et discussion

III.1. Estimation de la qualité des fruits de fraise

Selon *Alonzo-Macías et al*, les fruits de fraise utilisés (*Fragaria x ananassa*) ont une haute qualité [23]. La teneur en eau est **79,60 %** (0,7960 kg d'eau/kg produit), et la matière sèche égale **20,40 %** (0,2040 kg/kg produit). [3].

Robinson et al ont été montrés que la perte d'eau maximale admissible pour les fraises avant la commercialisation est d'environ **6%** [17]-[23].

Selon *Yurdugul*, les fraises utilisées ont une bonne couleur (rouge foncée ' L^* =57,46, a^* 23,3 et b^* 26,43') avec une texture fraîche [24].

III.2. Influence de la température

III.2.1. Sur les caractéristiques physiques (dimensions, poids et couleur) des fraises

La perte de poids et la réduction des dimensions des fraises ont été dues à la diminution de la teneur en eau au cours de séchage [23]-[24].

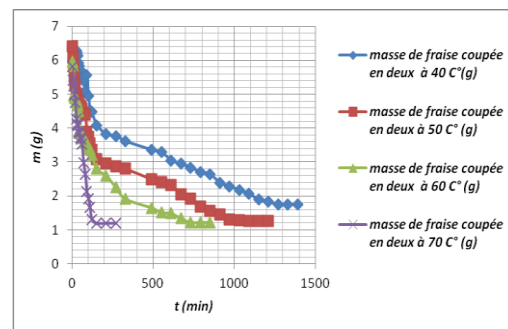


Figure 1. Influence de la température sur l'évolution de la masse des fraises coupées en fonction de temps.

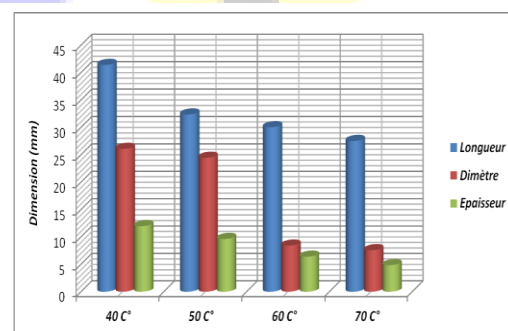


Figure 2. Influence de la température sur les dimensions des fraises entières séchées.



La perte d'humidité a un effet négatif sur l'apparence des fruits de fraise (couleur brune avec un rétrécissement de la texture) conduisant aux flétrissures et un aspect terne de l'épiderme [9]-[24].



Figure 3. La forme des fraises avant et après le séchage à 70 C°.

Le séchage à l'air chaud est considéré comme un processus utilisé pour conserver les aliments, il offre des produits déshydratés ont une durée de vie prolongée, jusqu'à une année, mais malheureusement leur qualité (physique) est habituellement réduite par rapport à la denrée alimentaire d'origine [23].

III.2.2. Sur la teneur en eau

L'allure générale des courbes de la variation de la teneur en eau relative (*MR*) des fraises entières en fonction de temps (*figure 4*) indique que le séchage se déroule en phase décroissante jusqu'à l'équilibre [8]- [12].

La température a une influence sur l'évolution de la teneur en eau au cours de processus de séchage [5]-[6].

En premier temps, on observe une forte évaporation d'eau libre des fruits de fraise pour les quatre températures. L'eau qui s'évapore à la surface des fraises constitue l'eau libre renouvelée par la montée capillaire de l'eau libre interne [10].

En deuxième temps, l'évaporation de l'eau commence à diminuer. Le ralentissement commence lorsqu'il n'y a plus d'eau libre en surface [13]-[15].

Ces échanges sont de moins en moins importants au fur et à mesure que le séchage se fait, car la quantité d'eau que l'on peut retirer des fraises est plus faible et la différence de la teneur en eau entre ces fruits et l'air est de plus en plus faible (stabilisation de poids) [10].

Une forte réduction de temps de séchage des fraises a été obtenue lorsqu'elles été exposées à l'air sèche dans une température égale 70 C° [21].

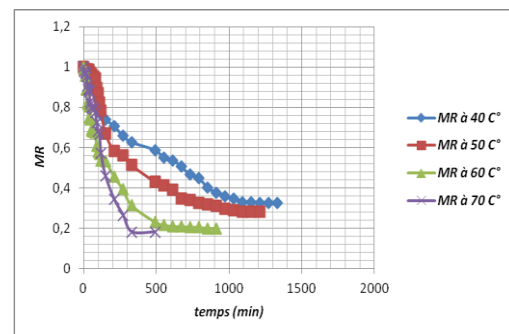


Figure 4. Evolution de la teneur en eau relative (*MR*) des fraises entières en fonction de temps aux différentes températures de séchage.

Les valeurs de la teneur en eau relative (*MR*) des fruits de fraise séchés sont respectivement : 0,325; 0,283; 0,200; 0,181 pour les températures : 40, 50, 60, 70 C° aux temps suivants : 1210, 1090, 850, 330minutes. Dans le cas des fraises coupées et pour les mêmes températures ces valeurs sont respectivement : 0,089; 0,028; 0,0021; 0,0018 aux temps suivantes : 1210, 1030, 730, 150 minutes.

III.2.3. Sur la vitesse de séchage

Les différentes courbes de la vitesse pour les quatre températures (40, 50, 60 et 70 C°) ont montrées une allure de séchage décroissante. On a noté l'absence de la phase à allure constante. Ceci est en accord avec les résultats obtenus pour le séchage des fruits de fraise [13]-[24].

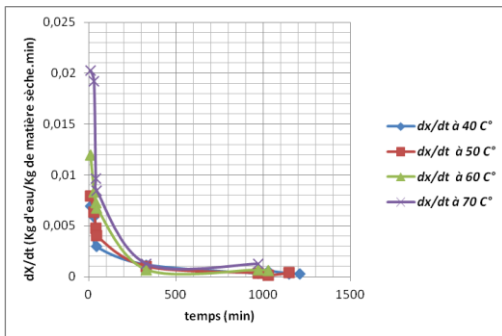


Figure 5. Influence de la température sur l'évolution de la vitesse de séchage (dx/dt) des fraises entières en fonction du temps.

III.2.4. Sur le pouvoir d'absorption d'eau

Le pouvoir d'absorption d'eau des fraises séchées a révélé la quantité d'eau absorbée au cours de la réhydratation (capacité et taux) [23].

L'allure générale des courbes de la variation de la teneur en eau relative (MR) des fraises entières en fonction de temps (*figure 6*) indique que la réhydratation se déroule en phase croissante jusqu'à l'équilibre [12]. La température a une influence sur l'évolution de la teneur en eau au cours de la réhydratation [5]-[7].

Selon la *figure 6*, les fraises séchées à 60 °C ont un faible pouvoir d'absorption d'eau par rapport aux fraises séchées à 70 °C.

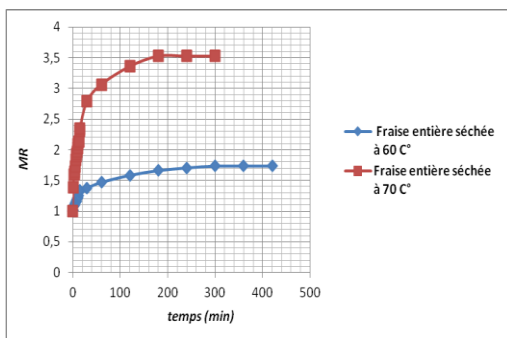


Figure 6. Influence de la température de séchage sur l'évolution de la teneur en eau relative (MR) des fraises en fonction de temps de la réhydratation.

III.3. Influence de la découpe

La teneur en eau des deux échantillons de fraise diminue avec l'augmentation de temps, mais d'une manière variable de l'un à l'autre jusqu'à la stabilisation de poids à la fin de séchage [10].

La diminution de l'épaisseur des fraises entraîne une réduction de la durée de séchage [13]. Contrairement aux fraises coupées, les fraises entières nécessitent un temps élevé pour se sécher en raison de leur épaisseur [19]- [21].

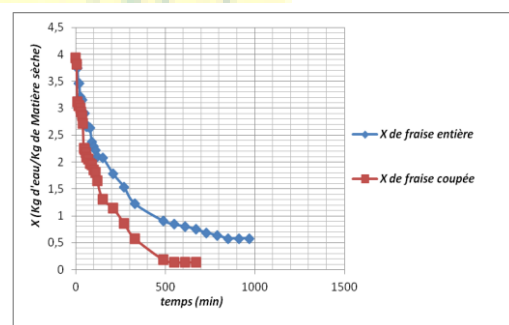


Figure 7. Evolution de la teneur en eau (X) des fraises en fonction de temps à 70 °C.

III.4. Détermination de la diffusivité massique et de l'énergie d'activation

III.4.1. Détermination de la diffusivité massique

Les valeurs de la diffusivité massique sont présentées dans le **Tableau 1**. Les résultats montrent que la diffusivité massique augmente avec l'augmentation de la température et l'accroissement de l'épaisseur des fraises séchées [16]-[22].

La majorité des produits agricoles (92 %) ont une diffusivité massique dans la gamme 10^{-12} à 10^{-7} (m^2/s). [16]-[25].

Les valeurs obtenues varient entre $1,64 \times 10^{-9}$ et $3,86 \times 10^{-7}$ (m^2/s). Ces valeurs sont en accord avec la gamme générale de séchage des fruits.



Fraise	T	Epaisseur (mm)	D (m ² /s)	K (S ⁻¹)	Ea (KJ/mole)
Fraise entière	40	26,66	4,91. 10 ⁻⁹	6,81. 10 ⁻⁵	123,65
	50	27,68	2,81. 10 ⁻⁸	3,44. 10 ⁻⁴	
	60	28,08	6,00. 10 ⁻⁸	7,70. 10 ⁻⁴	
	70	28,43	3,86. 10 ⁻⁷	4,97. 10 ⁻³	

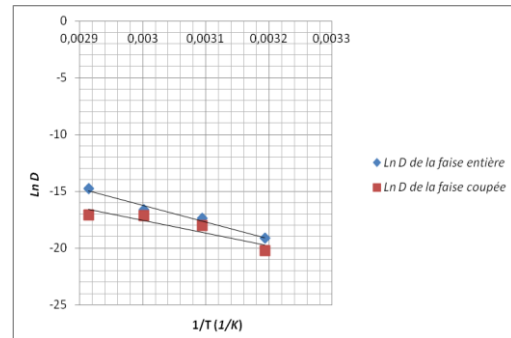


Figure 8. Evolution de Ln D en fonction de 1/T pour les fraises séchées.

Fraise coupée	40	10,44	1,64. 10 ⁻⁹	1,11. 10 ⁻⁴	93,47
	50	12,2	1,53. 10 ⁻⁸	2,58. 10 ⁻³	
	60	12,52	3,51. 10 ⁻⁸	5,58. 10 ⁻³	
	70	12,95	3,90. 10 ⁻⁸	1,51. 10 ⁻²	

IV. CONCLUSION

Ce travail s'intéresse au séchage convectif des fruits de fraise. Le produit séché présente une longue durée de vie en raison de sa faible teneur en eau.

Le résultat de cette étude indique que l'augmentation de la température de séchage des fraises augmente la vitesse et le coefficient de diffusion et par conséquent, diminue le temps de séchage [7]-[20].

La fraise coupée présente la forme appropriée de séchage puisque elle nécessite un temps très réduit et une faible énergie d'activation.

Nomenclature

- D : Diffusivité massique (m²/s)
- Ea : Energie d'activation (kJ/mole)
- M : Teneur en eau du produit (kg/kg.MS)
- M0 : Teneur en eau initiale (kg/kg.MS)
- Me : Teneur en eau à l'équilibre, (kg/kg.MS)
- R : Constante des gaz parfaits (kJ/mole.K)
- H : Humidité (%)
- Ms : Matière sèche (%)
- K : Constante de séchage (S⁻¹)
- L : Epaisseur du produit (mm)
- T : Température de l'air (K)

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au laboratoire des Sciences des Aliments (LSA) du département de Technologie Alimentaires

Tableau 1. Estimation de la diffusivité massique et l'énergie d'activation des fraises.

III.4.2. Détermination de l'énergie d'activation

A partir des valeurs obtenues de la diffusivité massique pour différentes températures, la fonction $\ln D$ a été tracée en fonction de $1/T$ pour évaluer l'énergie d'activation (figure 9). Les valeurs de l'énergie d'activation pour la plupart des fruits se situent dans la gamme 12,7 à 110 kJ/mol [16].

D'après le tableau 1, les valeurs de l'énergie d'activation obtenues sont respectivement 123,65 et 93,47 (kJ/mole) pour les fraises entières et coupées. Ces valeurs sont en accord avec la gamme générale pour le séchage des produits agricoles. Les résultats montrent que l'énergie d'activation augmente avec l'augmentation de la diffusivité massique et l'élévation de l'épaisseur des fraises séchées [16]-[19].



(DTA) en L'université de Hadj Lakhdar-Batna1-Algérie. Nous tenons à remercier Mr. *D. Fahloul* et Mm *B. Zitouni* pour leurs orientations dans la préparation de cet article.

RÉFÉRENCES

- [1] E.S. Siew et S.K. Chin, "Drying Characteristics and Quality Evaluation of Kiwi Slices under hot air drying method" 19th International Drying Symposium (IDS 2014), Lyon-France August 24-27 2014, pp: 118-132.
- [2] W.C. Kau, S.K. Chin, D.T. Tan and P.E. Poh, "Drying characteristics and quality evaluation of mixed culture mesophilic sludge under hot air and heat pump drying method" 19th International Drying Symposium (IDS 2014), Lyon-France August 24-27 2014, pp: 1-8.
- [3] ISO, 2000, "Strawberry - Determination of moisture and volatile matter content".
- [4] A. Menasra et D. Fahloul, "Contribution au séchage convectif des glandes de chêne vert d'Aurès (*Quercus ilex*)" 5^{ème} Séminaire Maghrébin sur les Sciences et les Technologies du Séchage (SMSTS'2015), Ouargla-Algérie Novembre 22-24 2015, pp : 35-41
- [5] N. Chalal, A. Bellhamri et L. Bennamoun, "Etude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect", *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 12, Issue 4, Décembre 2008, pp : 39-42.
- [6] L. Remache et A. Belhamri, "Modélisation du séchage par convection", *Revue des Energies Renouvelables CISM'08 Oum El Bouaghi*, Vol. 12, Issue 4, Décembre 2008, pp : 289-297.
- [7] A. Rehman Saeed Al-Hilphy and A. Khudhair Jaber AlRikabi, "Mathematical modeling and experimental study on thin layer halogen dryer of strawberry and study its effect on antioxidant activity", *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, Vol. 8, Issue 4, September 2013, pp: 268-281.
- [8] L. A. Ramalloa and R.H. Mascheroni, "Quality evaluation of pineapple fruit during drying process", *Journal of Food and Bioproducts Processing*, Vol. 90, Issue 9, November 2012, pp: 275-283.
- [9] Y. Deng and Y. Zha, "Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji)", *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 41, Issue 9, July 2008, pp: 1575-1585.
- [10] N. Lahmari, D. Fahloul et I. Azani, "Influence des méthodes de séchage sur la qualité des tomates séchées (variété Zahra)", *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 15, Issue 2, December 2012, pp : 285-295.
- [11] I. Doymaz and P. Mehmet, "The effects of dipping pretreatments on air-drying rates of the seedless grapes", *Journal of Food Engineering*, Vol. 52, Issue 3, September 2002, pp: 413-417.
- [12] Y. Tulek, "Drying kinetics of oyster mushroom (*pleurotus ostreatus*) in a convective hot air dryer", *Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 13, Issue 1, July 2011, pp: 655-664.
- [13] D. Fahloul, F. Benmadi et S. Boudraa, "Estimation de la diffusivité massique et cinétique de séchage sous vide de la pomme de terre (variété Spunta)", *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 12, Issue 4, Novembre 2009, pp : 655-665.
- [14] J.C. Cheftel, H. Cheftel and P. Besancon, "Introduction à la biochimie et la technologie des aliments", *Technologie et Documentation*, Paris, 2nd edition 1980, ISBN 568-1-7080-5686-4.
- [15] V. Karathanos, "Determination of water content of dried fruits by drying kinetics", *Journal of Food Engineering*, Vol. 12, Issue 4, August 1999, pp: 39-337.
- [16] N.P. Zogzas, Z.B. Maroulis and D. Marinou-Kouris, "Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs", *Drying Technology*, Vol. 14, Issue 10, February 1996, pp: 2225-2253.
- [17] M.C.N. Nunes, J.K. Brecht, A.M.M.B. Morais, S.A. "Sargent, Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling.", *Doctorate theses, University of Porto (Portugal)*, 1990.
- [18] F.J. Francis, 1980, "Colour quality evaluation of horticultural crops, *HortScience*", Issue 15, 1980, pp : 58-59.
- [19] A. Olmos, I.C. Trelea, F. Courtois, C. Bonazzi and G. Trystram, "Dynamic optimal control of batch rice drying process", *Drying Technology Journal*, Vol. 20, Issue 7, August 2002, pp: 1319-1345.
- [20] D.F. Basri, J. R.M. Abdul Aziz., A. Fudholi, M.H. Ruslan and M.A. Alghoul, "Drying kinetics of Malaysian canarium odontophyllum (dabai) fruit", *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, Vol. 7, Issue 3, July 2012, pp: 347-356.
- [21] G. Ru'iz D'iaz, J. Mart'inez-Monzo', P. Fito and A. Chiralt, "Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave-air drying", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol. 4, Issue 1, January 2003, pp: 203-209.
- [22] R.K. Goyal, A.R.P. Kingsly, M.R. Manikantan and S.M. Ilyas, "Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer", *Journal of Food Engineering*, Vol. 79, Issue 3, March 2007, pp: 176-180.
- [23] A. M. Maritza, M. Sabaha, C.M. Anabertac, M.G. José Gerardoc and K. Allaf, "Comparative study of various drying processes at physical and chemical properties of strawberries (*Fragaria var. cammarosa*)", *Procedia Engineering Journal*, Vol. 42, Issue 2, August 2012, pp: 297-312.
- [24] L. Serina-Cock, D. Patricia Vargas-Munoz and A. Ayala Aponte, "Structural, physical, functional and nutraceutical changes of freeze-dried fruit-Review", *African Journal of Biotechnology*, Vol. 14, Issue 6, February 2015, pp: 442-450.
- [25] M. Tahmasebi, T.Tavakoli Hashjin, M. H. Khoshtaghaza and A. M Nikbakht, "Evaluation of thin-layer drying models for simulation of drying kinetics of quercus (*quercus persica* and *quercus libani*)", *Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 13, Issue 1, January 2011, pp: 155-163.



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016

