

INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DRYING VELOCITY OF CRUMBLED FRUITS♦

INFLUENCE DES PARAMÈTRES TECHNOLOGIQUES SUR LA VITESSE DE SÉCHAGE DES FRUITS ÉMIETTÉS

Cristina G. Grigoraș*, Lucian Gavrilă

*Université de Bacau, Département de Génie Chimique et Alimentaire,
157, Calea Marasesti, 600115 Bacau, Roumanie*

*Corresponding author: cristina_grigoras_01@yahoo.com

Received: 17/01/2008

Accepted after revision: 20/03/2008

Abstract: The fruits represent one of the basic products from humanely nourishment. Rich in sugars, vitamins, minerals substances, these contain also a considerable amount of water (75 – 92%) which drives to the existence of the favorable conditions for the development of the microorganisms responsible for the fruits degradation. Among the methods most used-up in order to reduce the water content of fruits is the preservation through drying. Although the drying involves a big consumption of energy, therefore a big cost, there is a simple method for removing this disadvantage: to increase the drying velocity.

This paper presents the influence of the technological parameters (temperature of the drying air, drying time, dimension of the particles exhibited to drying) on drying velocity.

♦ Paper presented at the fifth edition of: “Colloque Franco-Roumain de Chimie Appliquée – COFrRoCA 2008”, 25 – 29 June 2008, Bacău, Romania.

Keywords: *fruit, dried apples, moisture, dehydration, drying temperature, drying velocity*

INTRODUCTION

La déshydratation est une des plus vieux procédés de préservation. Dans les fruits séchés, du fait d'une faible activité de l'eau, les microorganismes ne peuvent pas proliférer, et la plupart des réactions chimiques et enzymatiques de détérioration sont ralenties.

On entend généralement par déshydratation un procédé permettant d'enlever, par vaporisation, la majeure partie de l'eau d'un fruit liquide ou solide [1 – 3].

Le séchage consiste dans l'éloignement de l'eau qui peut-être présente sous forme d'eau liée chimiquement, par adsorption, par osmose et mécaniquement [2].

L'élimination d'eau d'un produit peut être obtenue soit par voie mécanique, soit par voie thermique.

➤ L'élimination d'eau par voie mécanique:

- ne permet d'éliminer qu'une partie de l'eau libre des produits traités. Aucun procédé mécanique ne permet d'abaisser l'humidité au-delà de 60% .
- la phase éliminée n'est pas de l'eau pure mais elle est constituée par une dispersion ou une solution plus ou moins riche en extrait sec.
- le fait que seule la fraction aqueuse non liée soit éliminée implique une consommation moindre d'énergie.

➤ L'élimination d'eau par voie thermique:

Ce type d'opération est essentiellement un transfert de masse nécessitant au préalable une certaine quantité d'énergie apportée par un transfert de chaleur. Les deux transferts se dédoublent en une phase externe et une phase interne:

- Transfert de chaleur interne de la source de chaleur vers la surface du produit;
- Transfert de chaleur interne de la surface vers l'intérieur du produit;
- Transfert de masse interne du coeur vers la surface du produit;
- Transfert de masse externe de la surface du produit vers le milieu extérieur.

La vitesse du processus global d'élimination d'eau est évidemment déterminée par le transfert limitant représenté par le transfert externe de chaleur à travers la couche limite d'air lorsqu'on se trouve en début de séchage (phase du séchage à vitesse constante). En fin de séchage (phase du séchage à vitesse décroissante), le facteur limitant et le transfert interne de masse [4 – 7].

MATERIAUX ET METHODES

On a étudié la cinétique de séchage de fruits de l'espèce de pommes *Golden* avec une humidité initiale de 78 – 89%.

Les pommes (10 g par chaque expérience) ont été lavées, nettoyées, coupées en cubes de 5, 10 et 15 mm, introduites en boîtes de Petri et séchées jusqu'à un contenu d'eau de 15 – 20%.

Le séchage de pommes a été réalisé dans l'étuve de laboratoire Memmert, à l'aide de l'air à température constante de 60, 80, 100 et 120 °C. Après 5, 10, 20, 40, 60, 90 et 120 minutes les fruits ont été sortis de l'étuve, refroidis pendant 30 minutes et pesés en déterminant la masse de matériel séché et, par différence, l'humidité éliminée.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus ont été rapportés à 100 g matière première et sont donnés dans les tableaux 1 – 4.

Tableau 1. *Évolution de la masse des fruits à 60 °C*

Temps (minutes)	Dimension des cubes		
	5 mm	10 mm	15 mm
0	100	100	100
5	89,66	89,765	94,256
10	76,53	79,539	92,091
20	51,707	60,469	73,462
40	33,118	44,648	59,809
60	20,016	33,728	48,58
90	12,075	21,832	34,352
120	10,778	11,341	15,3

Tableau 2. *Évolution de la masse des fruits à 80 °C*

Temps (minutes)	Dimension des cubes		
	5 mm	10 mm	15 mm
0	100	100	100
5	79,512	86,95	90,388
10	61,949	72,42	80,515
20	38,57	55,923	68,627
40	17,076	36,32	52,058
60	13,863	23,633	39,035
90	13,546	15,245	26,785
120	13,546	13,377	17,131

Tableau 3. *Évolution de la masse des fruits à 100 °C*

Temps (minutes)	Dimension des cubes		
	5 mm	10 mm	15 mm
0	100	100	100
5	57,106	69,309	77,608
10	31,636	48,189	61,204
20	23,31	31,335	44,841
40	22,236	23,493	31,884
60	22,043	22,333	25,422
90	21,892	21,935	22,391
120	21,817	21,742	21,664

Tableau 4. *Évolution de la masse des fruits à 120 °C*

Temps (minutes)	Dimension des cubes		
	5 mm	10 mm	15 mm
0	100	100	100
5	44,911	50,357	64,266
10	20,456	30,561	45,401
20	14,689	17,996	31,021
40	14,483	14,18	18,648
60	14,401	14,011	14,059
90	14,298	13,899	13,362
120	14,216	13,823	13,202

Par différence on a pu déterminer les pertes d'humidité des fruits soumis au séchage en fonction de la température et des dimensions des cubes. Ces pertes sont présentées dans les figures 1 – 4.

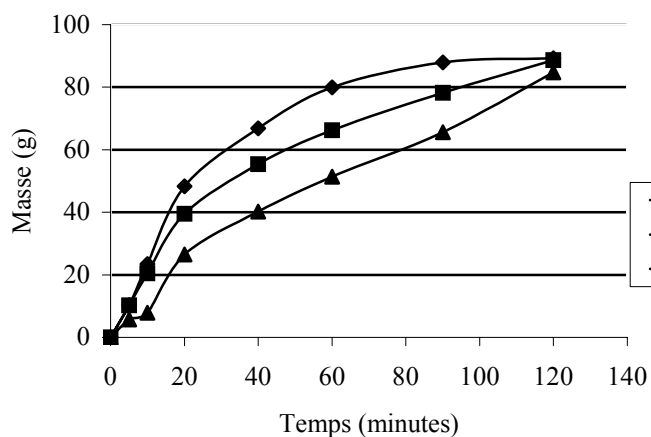


Figure 1. Pertes d'humidité à 60 °C

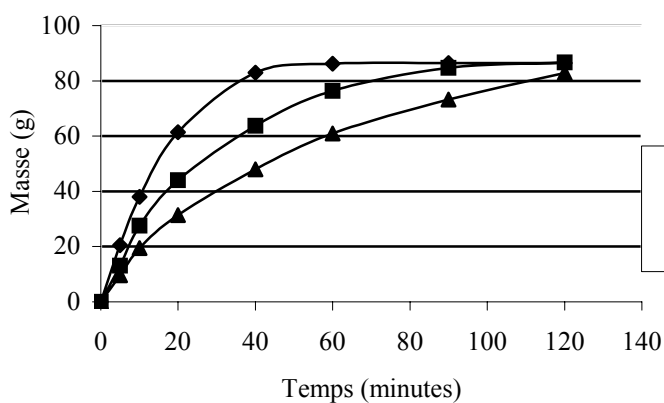


Figure 2. Pertes d'humidité à 80 °C

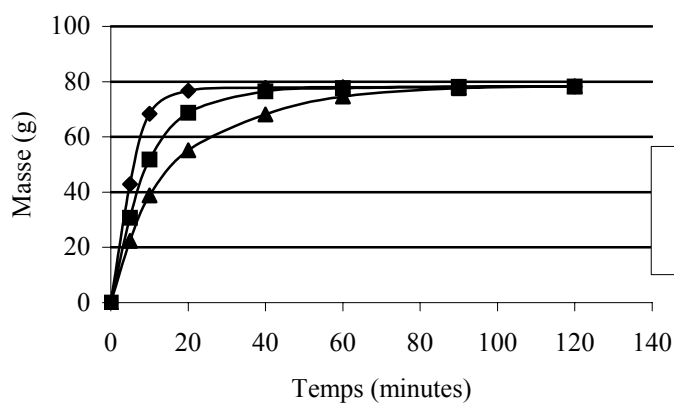


Figure 3. Pertes d'humidité à 100 °C

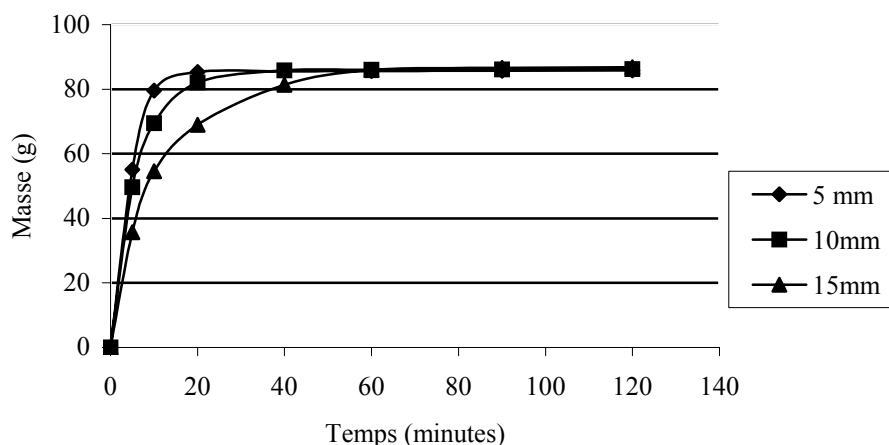


Figure 4. Pertes d'humidité à 120 °C

En analysant les courbes on peut observer que les pertes d'humidité augmentent avec la croissance de la durée de séchage et avec la croissance de la température et diminuent avec l'augmentation des dimensions des cubes soumis au séchage.

Pour l'élimination de l'humidité à la température de 60 °C, sont nécessaires approximativement 110 – 120 minutes pendant qu'à 120 °C, la durée du processus diminue jusqu'à 50 – 60 minutes.

Dans le même temps avec la croissance de la température les propriétés organoleptiques des fruits se modifient. Ainsi, si à 60 °C les pommes obtenus maintiennent son couleurs et son goût initiales, l'augmentation de la température au - delà de 80 °C conduit à l'obtention des produits bruns avec un fort goût de sucre caramélisé.

Ces modifications sont le résultat de l'utilisation des températures élevées pendant le séchage, des températures propices à la décomposition des glucides et aux pertes des vitamines et qui conduisent aux réactions de brunissement enzymatique et de type Maillard.

A la base des données des expériences on a calculé la vitesse de séchage qui est définie comme la quantité d'humidité éliminée dans l'unité de temps. Elle a été déterminée à l'aide de la relation suivante:

$$v = \frac{\Delta m}{\Delta \tau} \quad [\text{g/s}] \quad (1)$$

Δm – Variation de la masse [g]

$$\Delta m = m^i - m^f$$

m^i – masse initiale de pommes soumise au séchage ;

m^f – Masse des fruits séchés ;

$\Delta \tau$ – Variation du temps [s]

$$\Delta \tau = \tau^f - \tau^i$$

τ^f – temps final ;

τ^i – temps initial.

Les vitesses calculées sont représentées dans les figures 5 – 8.

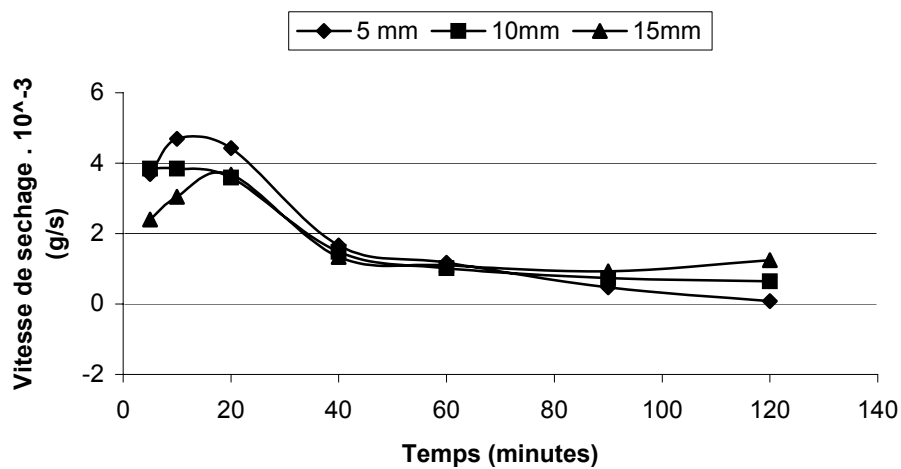


Figure 5. Évolution de la vitesse de séchage à 60 °C

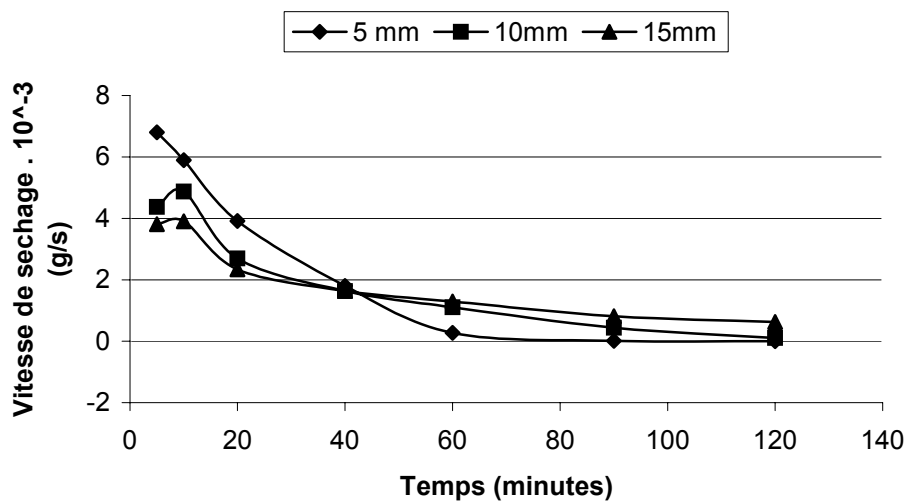


Figure 6. Évolution de la vitesse de séchage à 80 °C

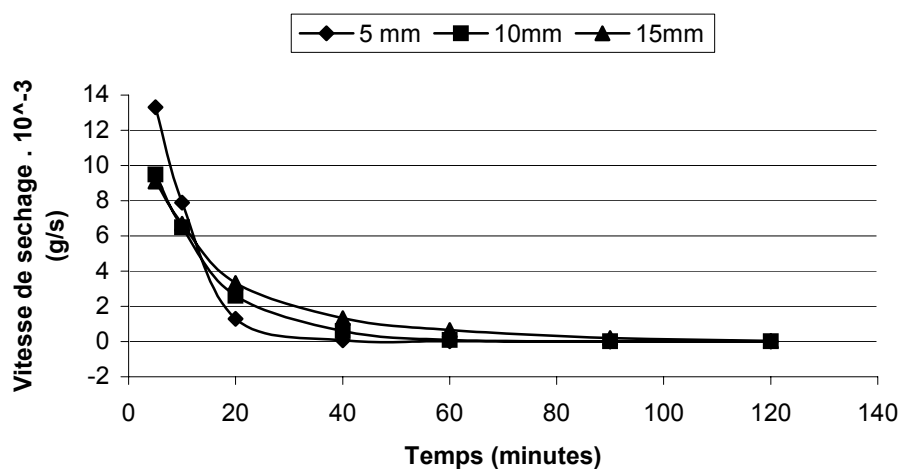


Figure 7. Évolution de la vitesse de séchage à 100 °C

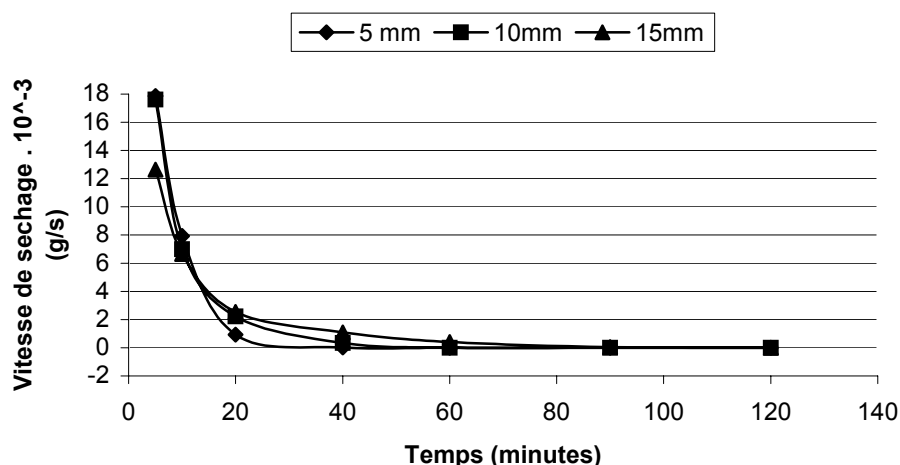


Figure 8. Évolution de la vitesse de séchage à 120 °C

Dans le processus de séchage d'un produit humide soumis aux conditions de séchage constantes en temps, on peut distinguer des périodes successives pendant lesquelles la vitesse de séchage varie différemment.

La période de mise en température, courte en comparaison au temps global de séchage, correspond à la croissance de la température du produit humide jusqu'à la température du thermomètre humide caractéristique au milieu de séchage. Dans cette période peuvent apparaître des phénomènes de vaporisation de l'humidité en petites quantités. L'humidité souffre une légère baisse.

Après la surface du produit a touché la température du thermomètre humide, il a lieu une évaporation à la surface des fruits, évaporation qui est alimentée de l'eau libre par capillarité.

Dans cette période, de séchage à vitesse constante, à base du transfert de chaleur de l'air à la surface du produit et à base du transfert de substance de la surface du produit à l'air, il y a un processus d'évaporation à vitesse constante avec la réduction linéaire de l'humidité du produit rapporté au extrait sec. Dans le même temps, un transfert de substance de l'intérieur des fruits vers la surface a lieu sous l'influence du gradient de concentration. L'élimination d'eau est limitée par les phénomènes de transfert thermique. Le seul facteur qui peut augmenter la vitesse de séchage est l'augmentation de la différence de température entre l'agent de séchage et la température de la surface du produit.

La dernière période, de séchage à vitesse décroissante, commence quand la zone d'évaporation, qui se trouvait à la surface, se déplace vers l'intérieur des fruits.

La brusque réduction de la surface du transfert, due à une alimentation en eau libre, représente la cause du ralentissement de séchage. Les paramètres qui caractérisent le produit varient même si les caractéristiques de l'agent de séchage se maintiennent constantes. L'humidité du produit se réduit, la vitesse de séchage tend vers zéro, la température de la surface du produit et celle de l'intérieur augmente, au début rapidement et après de plus en plus lentement, en tendant de toucher la température de l'agent de séchage.

CONCLUSIONS

- le séchage, comme méthode de conservation, a plusieurs avantages parmi lesquels: la réduction de l'espace nécessaire pour déposer les produits, la concentration des éléments nutritionnels présents dans les fruits;
- au dépit des coûts assez élevés, le séchage est une méthode de plus en plus utilisée pour obtenir des fruits séchés au niveau industriel;
- pour réduire les coûts on peut diminuer la durée de séchage par l'augmentation de la vitesse de séchage;
- la vitesse de séchage est influencée par la température de l'agent de séchage, par la durée de séchage et par la dimension des particules soumises au séchage;
- pour le séchage des pommes sous forme de cubes l'utilisation d'une température de 70 °C est la plus indiquée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Cheftel, J.C. et al.: *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments*, Vol. II, Technique et documentation - Lavoisier, Paris, **1977** ;
2. Răşenescu, I. : *Operaţii şi utilaje în industria alimentară*, Vol. II, Ed. Tehnică, Bucureşti, **1972** ;
3. Mafart, P.: *Génie industriel alimentaire. Les procédés physiques de conservation*, Technique et documentation- Lavoisier, Paris, **1991** ;
4. Nadeau, J.P. et al.: *Séchage des processus physiques aux procédés industriels*, Technique et documentation - Lavoisier, Paris, **1995** ;
5. Lozano, J.E.: *Fruit manufacturing. Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance*, Springer Science & Business Media, Argentina, **2006**;
6. Fellows, P.: *Food processing technology. Principles and practice*, CRC Press, Cambridge, England, **2000**;
7. Barbosa-Cánovas, G.V. et al.: *Food powders. Physical Properties, Processing, and Functionality*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, **2005**.