

DESHYDRATATION OSMOTIQUE DES ABRICOTS

FERRADJI A. et BOUGHERRA F.

Département de technologie alimentaire
Institut National Agronomique Alger

R E S U M E

Les échantillons d'abricots ont été traités par la déshydratation osmotique dans une solution de saccharose concentrée (65° Brix). Ce traitement favorise l'élimination d'eau et limite la pénétration du sucre. Les échantillons d'abricot perdent au bout de 4 heures de déshydratation osmotique 50% du poids initial, alors que le gain en sucre n'est que de 6,5%. La durée de la déshydratation osmotique pour atteindre une perte en eau spécifique des abricots est déterminée par le modèle de AZUARA et al. (1992).

A B S T R A C T

The samples of apricots have been treated by the osmotic dehydration in a solution of sucrose concentrated (65°Brix). This treatment further the elimination of water and limit the penetration of sugar. The samples of apricot lost at the end of 4 hours osmotic dehydration 50% of the initial weight and the gain in sugar is only of 6,5%. The time of osmotic dehydration to reach a loss in specific water of apricots is determined by the model of AZUARA and al. (1992).

INTRODUCTION

La déshydratation osmotique des fruits est un procédé d'élimination d'eau par immersion dans une solution de sucre très concentrée. Elle favorise l'élimination de l'eau et limite la pénétration du soluté. (PONTING et al., 1966 ; ADAMBOUNOU et CASTAIGNE, 1983; GIANGIOCOMO et al., 1987).

L'incorporation du soluté est parfois recherchée, car elle garantit l'obtention des textures souples. Dans ce cas, la pénétration du soluté est plutôt favorisée par une déshydratation osmotique avec une durée d'immersion élevée et sans agitation, précédée d'un blanchiment et associée à un séchage complémentaire modéré tel que le séchage solaire.

La mise en contact des phases (produit et sirop de déshydratation) sans agitation a un effet défavorable sur la perte en eau qui est interprétée par la formation d'une couche limite diluée autour de la particule liée à une vitesse de sortie de l'eau plus élevée que la vitesse de diffusion de l'eau dans le sirop. L'agitation assure le renouvellement de la solution concentrée au contact de la particule, rétablissant ainsi une différence de concentration favorable au transfert. L'effet négatif de l'agitation sur le gain en soluté signifie que la formation de la couche limite diluée favorise le gain en soluté et limite la perte en eau (DALLA et al., 1982).

Le mécanisme des transferts simultanés d'eau et de soluté en déshydratation osmotique est expliqué par de nombreux chercheurs par l'hypothèse de la membrane cellulaire semi - perméable, qui est supposée être perméable uniquement à l'eau et non pas au soluté (PONTING et al., 1966; LENART et FLINK, 1984; PAVASOVIC et al., 1986). Cependant RAOULT et WACK (1991), en utilisant un aliment modèle préparé à base de gel agar - agar, sans membrane cellulaire perméable, ont reconsidéré l'hypothèse classique de la membrane cellulaire semi - perméable et ont rapporté que les transferts simultanés de l'eau et du soluté seraient dus à une augmentation en surface de la concentration en soluté entraînant la formation d'un important gradient de concentration au sein de l'aliment.

Le procédé de la déshydratation osmotique est caractérisée par une période d'équilibre et une période dynamique. CONWAY et al. (1983) et BERISTAIN et al. (1990) ont proposé un modèle mathématique pour la prédiction de la teneur en eau au stade d'équilibre en prenant en considération la teneur en eau initiale de la solution de sucre et celle du fruit.

Les modèles théoriques de la cinétique de la perte en eau et du gain en soluté sont basés sur l'utilisation de loi de diffusion de Fick pour des transferts monodirectionnels en régime non stationnaire, HAWKES et FLINK (1978), CRANK (1979).

L'application de l'équation théorique de diffusion basé sur la loi de Fick est généralement difficile à appliquer en expérimentation. Pour contourner cette difficulté, AZUARA et al. (1992a, b) ont proposé un modèle pour déterminer certains paramètres de transfert de masse durant la période dynamique de la déshydratation osmotique.

L'objectif de ce travail porte sur l'étude de la cinétique de la déshydratation osmotique des abricots en utilisant une solution de saccharose fortement concentrée, sur l'application du modèle de AZUARA et al. (1992) pour étudier le transfert simultané d'eau et de soluté et du modèle de CONWAY et al (1983) et de BERISTAIN et al (1990) pour prévoir la teneur en eau à l'équilibre.

MATERIEL ET METHODE

Les abricots de la variété Luizet ont été traités par déshydratation osmotique dans une solution de saccharose à 65° Brix. Les fruits pris au même stade de maturité homogène sont lavés, dénoyautés et coupés en petits morceaux (20x40x10 mm). Les échantillons, placés dans la solution de saccharose contenue dans un bêcher de 200 ml (la proportion sirop/produit étant de 4/1), sont agités par oscillation. A la fin de chacune des durées suivantes : 15, 30, 60, 120, 180 et 240 minutes, l'échantillon est prélevé et rincé à l'eau. Le surplus de l'eau et du sucre est absorbé par du papier buvard. Après cette opération les échantillons sont pesés pour déterminer la perte en poids. La teneur en eau est déterminée par un humidimètre à infra rouge. La variation de la concentration de saccharose est déterminée par un réfractomètre ABBE .

Modèle de la détermination de la cinétique de La déshydratation osmotique :

Les principaux paramètres utilisés pour étudier le transfert de masse en déshydratation osmotique sont : la perte en poids, la perte en eau et le gain en solide. Ces paramètres sont définis comme suit :

- La perte en poids (μ) est calculée par le rapport de la perte de masse nette de l'échantillon sur la masse initiale de l'échantillon :

$$\mu = \left[\frac{M_o - M}{M_o} \right] \times 100$$

Eqn (1)

- La perte en eau (ω) est déterminée par le rapport de la perte d'eau nette sur la masse initiale de l'échantillon :

$$\omega = \left[\frac{(M_o \times X_{w0}) - (M \times X_w)}{M_o} \right] \times 100$$

Eqn (2)

- Le gain en substances solides (solubles et insolubles) (δ) est déterminé par le rapport de la masse de substances transférées dans l'échantillon sur la masse initiale de l'échantillon :

$$\delta = \left[\frac{(M_o \times X_s) - (M \times X_{s0})}{M_o} \right] \times 100$$

Eqn (3)

Où M_0 et M sont respectivement la masse de l'échantillon d'abricots au temps initial et à un temps donné t , X_{w0} et X_w sont respectivement la fraction de la masse d'eau au temps initial et au temps t , X_{s0} et X_{st} étant respectivement les masses des fractions solides au temps initial et au temps t . Selon RAHMAN et LAMB (1996) le gain en solides (δ) peut être corrélé à la perte en poids (μ) et la perte en eau (ω) par la relation suivante :

$$\mu = \omega - \delta \quad \text{Eqn (4)}$$

La déshydratation osmotique est caractérisée par une période d'équilibre et une période dynamique. A l'équilibre le transfert de masse est nul. En période dynamique le transfert de masse (perte en poids, perte en eau et gain en solides) varie jusqu'à l'installation de la période d'équilibre.

Modèle proposé par AZUARA et al. (1992) pour la détermination à l'équilibre la perte en eau, le gain en soluté et le coefficient de transport de matière

A partir du bilan de la masse d'eau :

$$\omega = \omega_e - \omega_m \quad \text{Eqn (5)}$$

ω = perte d'eau à un temps donné

ω_e = perte d'eau à l'équilibre

ω_m = quantité d'eau maximale sortant de l'échantillon à un temps t .

Lorsque la température et la concentration de la solution de saccharose sont constantes, la perte en eau ne dépend que du temps :

$$\omega_m = \frac{\omega}{k} = \frac{\omega}{k_w \times t} \quad \text{Eqn (6)}$$

L'égalité (5) est supposée être linéaire (réaction chimique à ordre zéro). A partir de l'équation (4) et (5) il est possible d'écrire :

$$\omega = \frac{k_w \times \omega_e \times t}{1 + k_w \times t} \quad \text{Eqn (7)}$$

L'équation (7) peut être linéarisée comme suit :

$$\frac{t}{\omega} = \frac{1}{k_w \times \omega_e} + \frac{t}{\omega_e} \quad \text{Eqn (8)}$$

Les valeurs du taux de la perte en eau (ω_e) à l'équilibre et de la constante k_w peuvent être estimées à partir de la pente de la droite obtenue par la représentation graphique de t/ω en fonction du temps t .

De même le taux du gain en solides (δ_e) à l'équilibre peut être déterminé par les équations suivantes :

$$\delta = \frac{k_s \times t}{1 + k_s \times t} \quad \text{Eqn (9)}$$

ou

$$\frac{t}{\delta} = \frac{1}{k_s \times \delta_e} + \frac{1}{\delta_e} \quad \text{Eqn (10)}$$

La constante d'équilibre pour l'eau (λ_{we}) est déterminée par le rapport :

$$\lambda_{we} = \frac{X_{we}}{Y_{w0}} \quad \text{Eqn (11)}$$

La constante d'équilibre pour les substances solides solubles (λ_{se}) est déterminée par la relation suivante :

$$\lambda_{se} = \frac{X_{se}}{Y_{s0}} \quad \text{Eqn (12)}$$

La teneur en eau (X_{we}) à l'équilibre est déterminée par l'équation du bilan de masse proposée par RAHMAN et al. (1996) :

$$X_{we} = \frac{(X_{we} - \omega_e)}{(1 - \omega_e) + \delta_e} \quad \text{Eqn (13)}$$

La teneur en eau à l'équilibre des échanges des solutés en déshydratation est estimée par l'équation suivante proposée par CONWAY et al. (1983) :

$$X_{we} = \frac{(X_{w0} + R \times Y_{w0})}{1 + R} \quad \text{Eqn (14)}$$

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les pourcentages de perte en eau et du gain en saccharose calculés à partir des équations (1) et (2) sont représentés sur la Figure 1.

La perte en eau et la réduction du poids est rapide durant la première période d'immersion s'étalant entre 60 minutes et 90 minutes (Figure 1). Cette figure nous montre que les échantillons d'abricots perdent beaucoup plus d'eau qu'ils ne gagnent de saccharose. En effet au bout de 4 heures de déshydratation osmotique les taux de perte en poids et de perte en eau atteignent respectivement 49,9 % et 56,35 %, et le gain en solides atteint un plateau de 6.5% du poids initial des abricots.

Ce phénomène est expliqué selon RAOULT et WACK (1991) par une augmentation en surface de la concentration en soluté entraînant la formation d'un important gradient de concentration au sein de l'aliment accentuant ainsi le transport de l'eau du cœur du produit vers l'extérieur.

ω ou δ ou μ

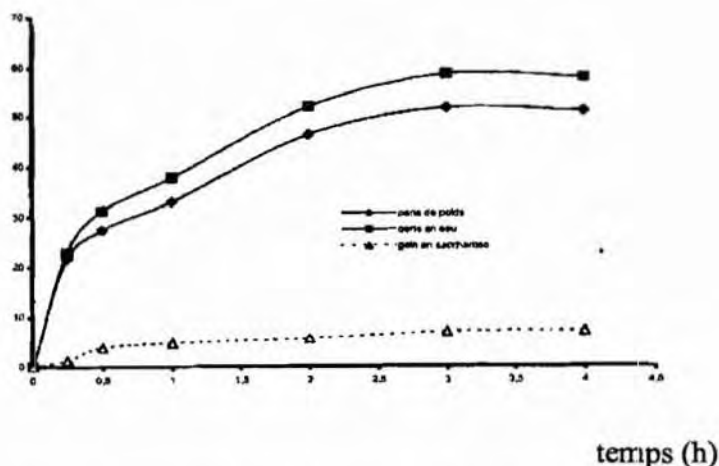


Figure 1 : Perte en eau (μ), perte en poids (ω) et gain en solide (δ) des abricots dans une solution de saccharose à 65°Brix à température ambiante .

Les valeurs de t/ω et de t/δ sont présentées graphiquement en fonction du temps (Figure 2 et 3). On observe une linéarité du modèle de AZUARA et al. (1992). Ce modèle est caractérisé par l'équation : $Y = 0.0418 x + 0.088$, avec un $r^2 = 0.993$ qui confirme sa validité pour étudier le transfert de masse et la prédiction du taux de la perte en eau ou celui du gain en soluté au cours de la déshydratation osmotique des abricots. Le taux de la perte en eau (ωe) est déterminé en utilisant la valeur de la pente de l'équation $Y = 0.0418 x + 0.088$ et celui du gain en soluté (δe) est calculé à partir de la pente de l'équation : $Y = 0.116 x + 0.1186$ avec un $r^2 = 0.9614$.

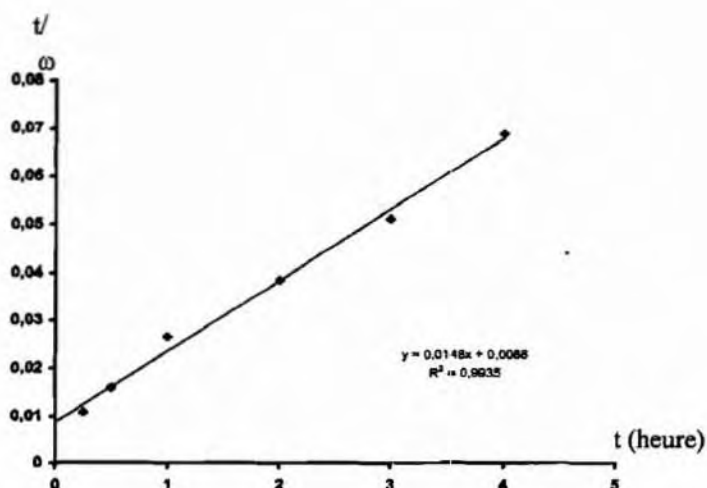


Figure 2 : Variation de t/ω en fonction de temps t pour Déshydratation Osmotique des abricots par une solution de saccharose concentrée

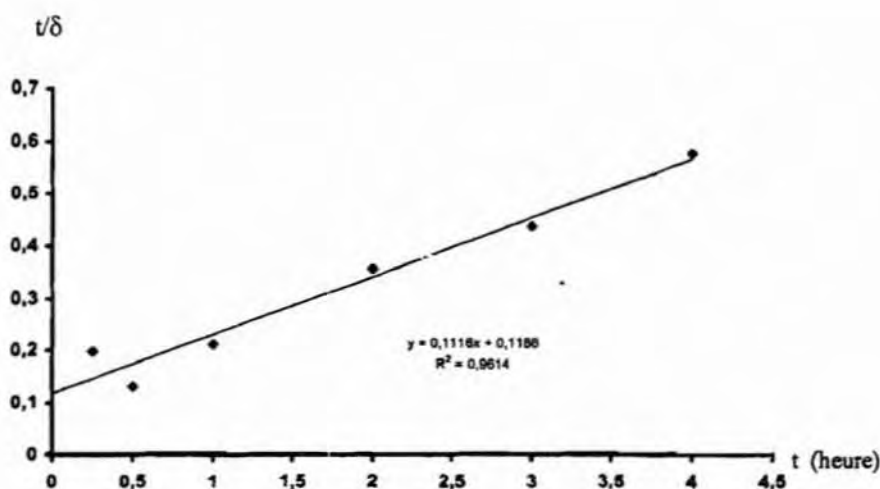


Figure 3 : Variation de t/δ en fonction de temps t pour la déshydratation osmotique des abricots par une solution de saccharose concentrée

La teneur en eau du produit à l'équilibre de la déshydratation osmotique, déterminée par l'équation (13), a une valeur de 45.5% et la teneur en eau à l'équilibre calculée par l'équation (14) est de 49.70 % soit une différence de 4,2. Ces deux valeurs sont approximativement du même ordre de grandeur et il est possible de conclure que l'équation (14) proposée par CONWAY et al. (1983) est valide pour la prédiction de la teneur en eau à l'équilibre des abricots déshydratés par osmose. Ce résultat est similaire à celui de RAHMAN et al. (1996) qui ont rapporté que le modèle de CONWAY et al. (1983) et BERISTAIN et al. (1990) est valide lorsque le sirop et les échantillons du fruit sont parfaitement mélangés de façon à éviter l'installation d'une phase séparant le sirop et le fruit. Cette condition est conforme à celle de notre expérimentation car les échantillons d'abricots et le sirop de saccharose subissent une agitation vigoureuse (mouvement oscillatoire rapide). Le problème de mise en contact des phases solides et liquides constitue une limitation importante au développement industriel des applications du procédé de la déshydratation osmotique (RAOULT et WACK, 1990).

La constante d'équilibre pour l'eau, à température ambiante et à une concentration du sirop fixée à 65° BRIX, a une valeur de 1,31. La constante d'équilibre pour les substances solides solubles totaux est évaluée à 0.89. Ces deux constantes, calculées respectivement par les équations (11) et (12), sont utilisées pour prévoir la teneur en eau à l'équilibre (X_{we}) des fruits traités par déshydratation osmotique (SILVERIA et al., 1996).

CONCLUSION

Cette étude a montré que la déshydratation osmotique des abricots par une solution de saccharose concentrée favorise l'élimination de l'eau et limite la pénétration des sucres. La durée de la déshydratation osmotique pour atteindre une perte en eau spécifique peut être prévue par l'équation (8) lorsque les paramètres du modèle et les points d'équilibre sont connus.

Notation

- K Constante
- M Masse du fruit en Kg
- R Rapport sirop : fruit
- r^2 Coefficient de régression
- X Fraction de la masse du composant du fruit
- Y Fraction de la masse du composant du sirop

Symboles grecques

- ω pourcentage de la perte en eau
- δ pourcentage de gain en solide
- μ pourcentage de perte de poids

Souscription

- e à l'équilibre
- o initial
- s solide
- w eau

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAMBOUNOU T. L. et CASTAIGNE F., 1983.-** Déshydratation par osmose des bananes et détermination des courbes de sorption isotherme, *Lebensm. Wiss.u. Technol*, 16, 230-234.
- AZUARA E., CORTES R., GARCIA H.S and BERISTAIN C., 1992a.-** I. Kinetic model for osmotic dehydration and its relation ship with Fick 's Second Law. *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 409 – 418.
- AZUARA E., BERISTAIN C. I. and GARCIA H.S., 1992 b.-** Development of mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration . *J. Food. Sci. Technol.*, 29, 239 – 242.
- BERISTAIN C.I., AZUARA E., CORTES R. and GARCIA H.S., 1990.-** Mass transfert during osmotic dehydration of pineapple rings. *Interna. J. Food.Sci. Technol.*, 25, 576 – 582.
- CONWAY J., CASTAIGNE R., PICARD, G. and VOAVN, X., 1983.-** Mass transfert considerations in the osmotic dehydration of apples. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 16, 25-29.
- CRANK J., 1979.-** The mathematics of diffusion, 2° edition, Clarendon Press, Oxford.
- DALLA ROSA M., PINNAVAIA G. E., LERICI C. R., 1982.-** La disidratazione della frutta mediante osmosi diretta, Nota II. Esperienze di laboratoria su alcuni generi di frutta, *Industria conserve*, 57 , 3-7 .
- GIANGIACOMO R., TORREGIANI D. and ABBO E., 1987.-** Osmotic concentration , Part 1. Sugar exchange between fruit and extracting syrups. *J. FOOD. Proc. Pres*, 11, 183 – 195.
- HAWKES J and FLINK J.M., 1978.-** Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration, *J. Food . Proc. Pres. , 2*, 265-284.
- LENART A. and FLINK J.M., 1984.-** Osmotic concentration of potatoes I. Criteria for the end of the osmotic process. *J. Food. Technol.*, 19, 45 – 63.

- PAVASOVIC V., STEFANOVIC M. and STEVANOVIC R., 1986.-** Osmotic dehydration of fruit in 'Drying 86' Hemisphere publishing Corp., AS. Mujumdar ed., 2, 761 -764.
- PONTING J. D., WALTERS G.G., FORREY R.R., JACKSON R. and STANLEY W.L., 1966.-** Osmotic dehydration of fruits, Food.Technol., 20, 125 - 128 .
- RAOULT – WACK A.L. et GUILBERT S., 1991.-** La déshydratation osmotique . Les cahiers de ENSBANA, 7 , 171- 192 .
- RAOULT – WACK A ., BOTZ O. and GUILBERT S., 1991.-** Simultaneous water and solute transfert in shrinking media – part 3. A tentative analysis of spatial distribution of impregnation solute in model gel. Drying Technology, 9, 631 – 641 .
- RAHMAN M S and LAMB J., 1990 .-** Osmotic dehydration of pineapple., J. Food. Sci. Technol., 27, 150 –152.
- RAHMAN M . S., BUCKLE K . A. and PERERA C.O., 1996.-** Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar . Lebensm . Wiss . u .Technol., 29, 452 – 459.
- SILVERIA E.T.F., RAHMAN M.S et BUCKLE K. A., 1996.-** Osmotic dehydration of pineapple: Kinetics and product quality, Food. Research. International, 29, 3 – 4 , 227 – 233.