



# Conception d'un sécheur solaire et étude du comportement au séchage de l'oignon

Abdellah Zikiou<sup>#1</sup>, Robert Relewende Kindou, Hacem Medjoudj & Mohammed Nacerddine Zidoune\*

<sup>#</sup> Centre de Recherche en Biotechnologie C.R.Bt

BP E73 UV N°3 nouvelle ville Constantine.Algérie.

<sup>1</sup>a.zikiou@crbt-dz.org

\* Institut de nutrition de l'alimentation et des technologies agro-alimentaire (INATAA),  
université Constantine 1, route Ain El Bey Constantine 25000.Algérie.

**Résumé**— L'oignon étant un produit agricole très consommés et aussi source de revenus, a retenu notre attention sur l'urgence de réduire les pertes énormes qu'enregistrent les producteurs chaque année. Pour ce faire, nous avons tenté de mettre en place un système de séchage solaire à convection naturelle, avec des matériaux disponibles et bon marché tel le polystyrène pour minimiser les coûts de l'opération. Pour résorber les inconvénients du séchage à air chaud il a été envisagé de coupler cette technique par la déshydratation osmotique par immersion (DII) ; technique économe en énergie et susceptible de conférer des propriétés sensorielles nouvelles et appréciées aux produits séchés. L'oignon, coupé en rondelles de 5 mm d'épaisseur a été immergé pendant 4 h dans une solution de NaCl (300 g/L). L'oignon a été séché jusqu'à une teneur en eau résiduelle comprise entre 10 et 15 % susceptible d'assurer sa conservation. Des cinétiques de séchage ont été tracées et une comparaison entre l'oignon séché sans DII et celui séché après DII a été faite. Il en ressort que l'oignon prétraité par DII présente un temps de séchage réduit, un moindre brunissement et un taux de rétraction faible. Les conditions technologiques ici décrites sont transférables en milieu paysan, en raison de la simplicité de leur mise en œuvre. Les résultats obtenus, du séchage, de la DII et de la réhydratation offrent ainsi une opportunité de recherche appliquée pour améliorer la qualité de l'oignon séché.

**Mots clés**— conservation, oignon, sécheur solaire, cinétique déshydratation osmotique.

## I. INTRODUCTION

Les productions agricoles ont connu des avancées notoires certes, mais la faim persiste dans certaines zones du monde, en l'occurrence les pays en voie de développement où des techniques agricoles ancestrales encore pratiquées conduisent à des récoltes ne pouvant pas combler les besoins de la population, d'autant plus que des pertes énormes sont enregistrées chaque année par manque de moyens de préservation des produits agricoles frais. Il est donc important de préserver le moindre kilogramme de céréales, de légumes ou de fruits. La plupart de ces produits sont récoltés avec une

humidité très élevée. Ils sont périssables car sujets à des contaminations diverses (moisissures, microbes, etc.) et doivent donc être vendus/consommés frais dans un délai très court. A défaut de cela ils se détériorent et deviennent impropres à la consommation.

Parmi les principales opérations de préservation, la déshydratation qui remonte à la plus haute antiquité, a toujours su occuper une place particulière. Elle se distingue par la simplicité de sa réalisation, souvent au plus près de la zone de récolte et par la facilité et de la durée importante de stockage qu'elle engendre. Sécher permet aux entrepreneurs ruraux d'allonger la durabilité des produits, de diminuer les pertes et d'ajouter de la valeur à leurs produits et faciliter leur manipulation, leur transport et leur stockage par la réduction de poids (et souvent de volume) des produits secs [1]. Mais sécher signifie déshydrater, ce qui nécessite beaucoup d'énergie. Plusieurs types de séchoirs solaires, s'inscrivant dans les options les moins onéreuses pour conserver les produits agricoles, ont été mis au point dans le monde pour profiter de l'énergie solaire qui est offerte gratuitement et mettre le produit dans une enceinte plus ou moins fermée pour le protéger des souillures et des contaminations variées. Pour pallier le défaut de séchage qui se traduit par la mauvaise qualité du produit fini, s'inscrit un autre procédé de déshydratation, la déshydratation imprégnation par immersion (DII) qui vise à réduire, à moindre coût, le risque d'altération de la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit traité [2]. L'étape de la déshydratation osmotique entraîne de substantielles économies d'énergie à l'opération globale de séchage [3],[4].

Cette étude se veut donc un outil de préservation d'un produit agricole à grande échelle en l'occurrence l'oignon, par la confection d'un sécheur solaire et l'étude des cinétiques de séchage de l'oignon en couplant le séchage à air chaud par un prétraitement de déshydratation osmotique (DO) pour, à la fois minimiser le coût de l'opération et améliorer les qualités des produits finis.



## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A. Conception du sécheur

Les entités indispensables sont un capteur solaire (unité de chauffage) et une chambre de séchage (unité de séchage).

#### ✓ Capteur solaire

Le capteur solaire est un dispositif qui réchauffe l'air en vue de son utilisation pour le séchage. La figure schématise l'unité de chauffage. Cette unité est composée par une couverture transparente en verre, une tôle métallique noireie (absorbeur), une conduite (passage de l'air) et une isolation à l'arrière. L'isolation à l'avant est réalisée par une couche d'air confiné entre la couverture transparente et l'absorbeur. Les dimensions de l'unité de chauffage sont ainsi définies : longueur  $L=1\text{m}$  et largeur  $l=0,50\text{ m}$  (soit une surface de captation  $A_{\text{cap}}=0,5\text{ m}^2$ ) et une hauteur de canal  $d=0,04\text{ m}$ . Le capteur est orienté au sud avec une inclinaison entre  $30^\circ$  et  $45^\circ$  à l'horizontale afin de capter le maximum d'énergie.



Fig. 1 Description et dimensions du capteur solaire.

#### ✓ Chambre de séchage

La chambre de séchage est une boîte en polystyrène de forme cubique. Elle est isolée thermiquement. En outre, elle est munie d'une cheminée sur le toit ainsi que d'une ouverture sur sa base pour l'admission de l'air chaud provenant du capteur. Notre chambre de séchage est posée sur un support métallique à une hauteur de 50 cm du sol. Les produits sont disposés à l'intérieur de la boîte sur une (1) claie de forme carrée constituée d'un grillage galvanisé, pour permettre le passage de l'air. L'unique clé que compte le séchoir est de forme carrée de  $0,36\text{ m}^2$  de surface. La charpente est constituée de deux barres en bois (plaques carrées de 4cm) et la surface d'entreposage de grillage en fer galvanisé (constitué de petits trous). Elle se situe à 0,10 m environ de l'entrée d'air chaud.



Fig. 2 Sécheur solaire indirecte à convection naturelle.

### B. Prétraitement des échantillons

La variété étudiée est l'oignon rouge (*Allium cepa*). La couleur de la tunique est rouge à mauve foncé. Nous avons coupé les oignons sous forme de rondelles épaisses de 5 mm. Les rondelles ont été trempées dans une solution saturée de sel de cuisine 300g/l à une température de  $60^\circ\text{C}$  selon un rapport 1/10 (m/v) pendant 12 heures. L'eau contenue dans l'oignon migre vers la solution salée. On obtient donc une déshydratation du produit accompagnée d'un salage [5].

### C. Etude des cinétiques de séchage

La température de séchage de nos produits est de  $40 \pm 10^\circ\text{C}$  à la pression atmosphérique. Trois (3) rondelles d'oignon sont placées sur la claie de séchage et exposés à l'air chaud pendant six (6) heures par jour (Généralement de 10 heures du matin à 15 heures). Le suivi de l'évolution du séchage des denrées est réalisé par pesée de chaque rondelle à des intervalles de temps d'une heure (1h). Le séchage prend fin lorsqu'une humidité de 12 à 15 % (base humide) est atteinte.

## III. RESULTATS ET DISCUSSION

### A. Performances du sécheur

Le sécheur solaire mis au point a été testé à vide avant la mise en route du séchage et les températures enregistrées au cours de la période de test sont montrées dans le tableau.



# Le 3<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 3<sup>rd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



TABLEAU I  
PERFORMANCES DU SECHEUR ET CONDITIONS DE SECHAGE

	T° à l'entrée du capteur	T° à l'intérieur du capteur	T° à la sortie du capteur ou entrée de la chambre	T° au niveau de la claie de séchage	T° au niveau de la cheminée
Jour 1	31,0 ± 1,1	40,7 ± 1,9	58,6 ± 4,1	43,1 ± 2,4	40,1 ± 6,8
Jour 2	31,0 ± 2,4	44,2 ± 7,1	59,2 ± 9,0	45,1 ± 5,9	39,1 ± 4,3
Jour 3	26,0 ± 1,4	36,2 ± 3,0	44,3 ± 5,3	36,9 ± 3,2	34,7 ± 2,2
Moyenne	29,0 ± 1,3	40,4 ± 2,8	54,0 ± 5,8	41,7 ± 3,2	38,0 ± 3,4

### B. Déshydratation imprégnation par immersion

Le suivi de la déshydratation imprégnation par immersion (DII) a été effectué par la mesure, au cours du temps, de la variation de masse (M) des rondelles d'oignon. Il en a ensuite été déduit la vitesse de déshydratation ( $dM/dt$ ) (Bimbenet, 1984). La perte en eau et en poids est rapide durant la première période d'immersion s'étalant entre 60 et 90 minutes. Au bout de 60 min de déshydratation osmotique, le taux de perte en poids atteint 25,85 %. On remarque un gain de poids de 3,6 % des rondelles (due à une diffusion de solutés NaCl à l'intérieur) après les premières 90 minutes de traitement et puis, une baisse rapide de ce paramètre après 270 minutes (soit 4h 30min) d'immersion. Cette perte en eau est la conséquence du déséquilibre osmotique entre l'oignon et la solution. Elle est favorisée par les concentrations croissantes de solutés mais également par d'autres paramètres tels que la température [6].

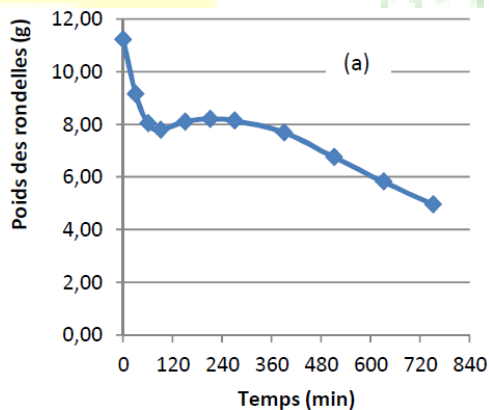


Fig. 3 Variation du poids au cours de la DII des rondelles d'oignon.

### C. Cinétique de séchage

Les rondelles d'oignon, d'épaisseur 5 mm ont été séchées sur quatre jours pour les rondelles séchées telles quelles et trois jours pour les rondelles séchées après 4 h de DII. La vitesse de séchage montre une évaporation plus élevée au début avec ( $-dX/dt$ ) élevée jusqu'au point d'inflexion avec changement de l'allure de la courbe et abaissement de la vitesse au fur et à mesure que la teneur en eau résiduelle diminue. Au bout de

26 heures de séchage (4<sup>ème</sup> jour), les rondelles atteignent la teneur en eau moyenne  $X_m$  de 0,13 g/g ms (12,5 % sur base humide) dans le cas des rondelles séchées telles quelles et 0,15 g eau/g ms (13,2%) dans le cas des rondelles séchées après DII. Ce temps à 88,16 % sur base humide de la totalité de l'eau contenue dans le produit dans le cas des rondelles séchées sans prétraitement, et 88,13 % de l'eau totale contenue dans les rondelles ayant subi la DII. La durée de déshydratation osmotique des rondelles, pour diminuer la teneur en eau de 28,3 %, est de 4 heures et celle du séchage du produit chargé en solutés est de 22 heures pour une teneur en eau finale de 13,2 %. Ce résultat nous permet de conclure que le produit chargé de soluté sec plus difficilement que le produit frais. Cette difficulté d'évaporer l'eau est due à la forte concentration de solutés à la périphérie qui pourrait jouer le rôle de « couche barrière » à la vapeur d'eau.

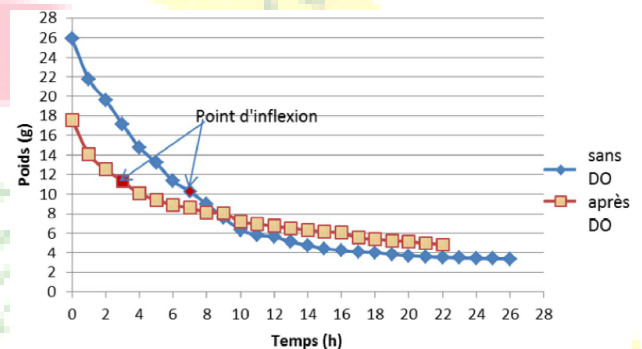


Fig. 4 Cinétique de perte de poids des rondelles séchées sans et après DII

### IV. CONCLUSION

Dans le présent travail, nous avons tenté de répondre à des questions de réalisation simple et économique d'un sécheur solaire et des questions inhérentes à la problématique de la performance du procédé de séchage et son impact sur la qualité des fruits et légumes à travers le couplage avec la déshydratation osmotique. L'efficacité du séchoir a été testée avec des températures de séchage satisfaisantes de l'ordre de  $40 \pm 5$  °C pour une moyenne de température journalière ambiante de 26 °C au cours de la période d'étude. Nous avons étudié les cinétiques de séchage à air chaud par convection naturelle pour évaluer le comportement de l'oignon au séchage. Le séchage à air chaud a été couplé par la déshydratation imprégnation par immersion qui a donné des résultats assez concluants sur son bénéfice économique ainsi que sa participation à la préservation des qualités organoleptiques notamment la couleur, le goût et la texture des produits séchés. En effet, il a été démontré que le prétraitement de déshydratation osmotique a contribué à réduire le temps de séchage, un gain de temps d'une journée a



## Le 3<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 3<sup>rd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



été enregistré. En outre, il a été constaté une couleur claire de l'oignon prétraité et séché par rapport à celui séché sans prétraitement qui est plus susceptible au brunissement. Le séchage solaire seul a contribué à réduire la teneur en eau des produits jusqu'à une teneur 12,5 %, tandis que le séchage couplé à la déshydratation a conduit à une teneur en eau finale 13,2 %. Ces teneurs en eau résiduelle s'inscrivent dans la plage de 10-15 % établie pour l'efficacité de la conservation des produits déshydratés.

#### REFERENCES

- [1] Albitar N. (2010). Etude comparative des procédés de séchage couplés à la texturation par Détente Instantanée Contrôlée DIC, en termes de cinétique et de qualité nutritionnelle. Applications à la valorisation des déchets agro-industriels. Thèse de doctorat, Université de la Rochelle.
- [2] Ade-Omowaye B.I.O., Rastogi N.K., Angersbach A. and Knorr D. (2003). Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper. *Journal of Food Engineering*. p. 60, 89-98.
- [3] Bolin H.R. (1980). Relation of Moisture to Water Activity in Prunes and Raisins. *Journal of Food Science*. Vol. 45. N°5. p. 1190-1192.
- [4] Hough G., Chirifie J. and Marini C. (1993). A Simple Model for Osmotic Dehydration of Apples. *Lebensm-wiss. Technology*. Vol. 26. p. 151-156.
- [5] Rozis J.F. (1996). Sécher des produits alimentaires. Gret. Paris. Collection le Point Sur les technologies. 230 p.
- [6] N'goran Z. E. B., Aw S., Assidjo E. N. et Kouame P. (2012) Etude de l'influence des paramètres de la déshydratation osmotique sur la perte en eau des fruits tropicaux: essais avec la papaye (*Carica papaya*) et la mangue (*Mangifera indica*). *Journal of Applied Biosciences*. 4330-4339.

