

## **SÉCHOIR À LIT FLUIDISÉ À AIR CHAUD ET MICRO-ONDES POUR LE SÉCHAGE DES RÉSIDUS DE LÉGUMES**

G. S. Vijaya Raghavan

**Projet :** IA113076

**Durée :** 01/2014 – 12/2016

### **FAITS SAILLANTS**

Un séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes a été conçu, construit et mis à l'essai pour le séchage des résidus de légumes. Les essais ont été effectués sur des cubes ou des tranches, de carotte, de chou vert et de brocoli. La cinétique du séchage a permis d'établir les effets du débit et de la température de l'air, de la grosseur des morceaux de légumes, de l'épaisseur du lit à fluidisé et de la puissance micro-ondes utilisés sur le temps de séchage, la couleur, la texture et les propriétés de réhydratation des produits séchés. Les résultats ont permis d'optimiser les conditions d'opération du séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes. Des modèles mathématiques ont été développés pour établir les relations entre les conditions d'opération et la cinétique de séchage.

Dans cette étude, il a été démontré que les légumes séchés dans ce type de séchoir avaient une meilleure valeur nutritive que ceux séchés dans un séchoir à lit fluidisé conventionnel. Les effets de différents prétraitements comme : le blanchiment, ou le trempage dans des solutions d'acide citrique, des solutions sucrées ou des solutions de chlorure de calcium, sur la qualité des produits séchés et la cinétique de séchage ont été évalués et comparés.

Une analyse techno-économique a été faite sur la mise à l'échelle industrielle du procédé de séchage de résidus de légumes dans un séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes. Pour l'analyse, nous avons tenu compte des coûts en capital, des coûts d'opération, d'un coût nul pour l'achat des résidus et d'un prix de vente de CAD 7,30 du kg pour les produits secs. Sous ces conditions, le retour sur l'investissement était de 10,60 % avec une période de récupération de 4,5 ans. Les facteurs affectant le plus la rentabilité étaient le coût d'achat des résidus et la teneur initiale en eau.

Récemment, le design du séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes a été amélioré pour permettre la recirculation partielle ou totale de l'air d'échappement. Des essais sont présentement en cours pour minimiser la consommation d'énergie du procédé.

### **OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE**

Les principaux objectifs de l'étude étaient :

- 1) De concevoir, construire et mettre à l'essai un séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes pour transformer les résidus de légumes en produits à valeur ajoutée pour la consommation humaine ou animale;

- 2) D'étudier les effets du débit et de la température de l'air, de la taille du produit, de l'épaisseur du lit et de la puissance micro-ondes sur la fluidisation des particules et sur la cinétique de séchage;
- 3) De développer des modèles mathématiques et d'optimiser les conditions d'opération; et
- 4) De faire une analyse techno-économique du procédé de séchage pour faciliter la mise à l'échelle de la technologie.

Les essais ont eu lieu à l'Université McGill. Des résidus de brocoli, de carotte et de chou vert ont été utilisés pour les expériences. Le séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes a été instrumenté pour mesurer et enregistrer les conditions d'opération, et sa capacité était de 500 g de produit frais.

### RETOMBÉES SIGNIFICATIVES POUR L'INDUSTRIE

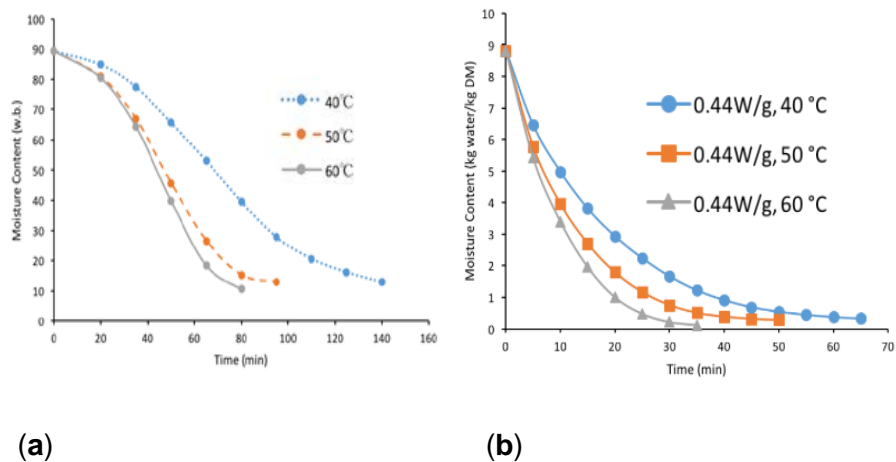
Un séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes pour la déshydratation de résidus de légumes frais tels que la carotte, le chou et le brocoli a été conçu et testé (figure 1).



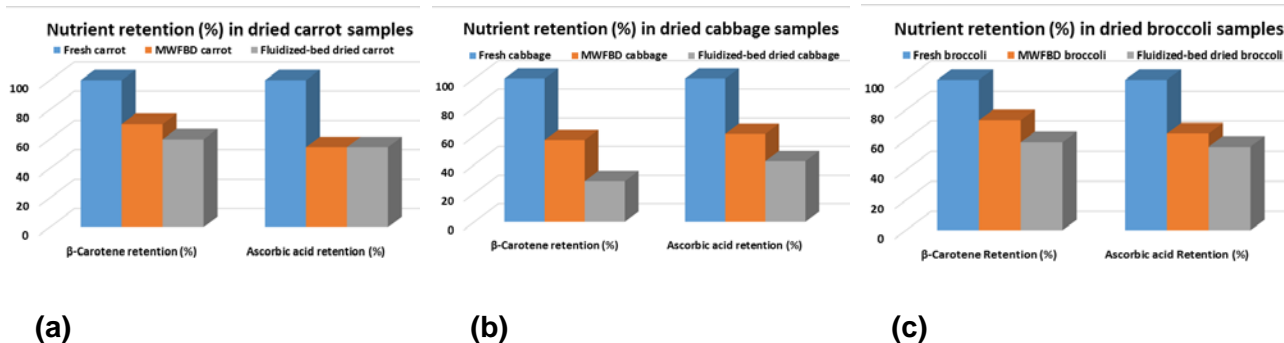
**Figure 1:** Photo du séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes utilisé pour le séchage des résidus de légumes.

Les résultats de l'étude ont permis de démontrer l'efficacité de la méthode de séchage pour la production de légumes déshydratés à valeur ajoutée. Le système s'est avéré être très bon pour réduire le temps de séchage (figure 2), et cela, sans compromettre la qualité des produits secs. L'étude a permis d'optimiser les conditions d'opération du séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes.

L'analyse nutritive a indiqué que, dans la plupart des cas, les résidus de légume séchés dans le séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes avaient mieux conservé leur valeur nutritive que lorsqu'ils avaient été séchés dans le séchoir à lit fluidisé à air chaud sans micro-ondes (figure 3).



**Figure 2 :** Évolution de la teneur en eau des tranches de carotte en fonction du temps de séchage : (a) dans le séchoir à lit fluidisé à air chaud, et (b) dans le séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes. L'utilisation de micro-ondes a permis de réduire les temps de séchage de moitié.



**Figure 3 :** Comparaison de la rétention d'éléments nutritifs (%) dans les échantillons frais (colonne bleue), dans les échantillons séchés dans le séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes (colonne orange), ou dans le séchoir à lit fluidisé à air chaud sans micro-ondes (colonne grise) : (a) carotte, (b) chou, et (c) brocoli.

### APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET SUIVI À DONNER

Un séchoir à lit fluidisé à air chaud et micro-ondes a été conçu, construit et mis à l'essai pour le séchage des résidus de légumes. Les résultats ont démontré que ce type de séchoir permettait de réduire de moitié le temps de séchage et que les légumes séchés dans ce type de séchoir avaient une meilleure valeur nutritive que ceux séchés dans un séchoir à lit fluidisé conventionnel. De plus, l'analyse de viabilité économique du procédé a indiqué qu'un investissement de près de CAD 640 000 serait nécessaire pour ériger une usine de déshydratation pouvant transformer deux tonnes de résidus de légumes frais par jour. En utilisant un coût d'achat des légumes de CAD 0,00 et un prix de vente des légumes déshydratés de CAD 7,30, le rendement de l'investissement est de 10,6 % et le délai de récupération de 4,5 ans.

## **POINT DE CONTACT**

Nom du responsable du projet : G. S. Vijaya Raghavan

Téléphone : 514 398-8731

Télécopieur : 514 398-7990

Courriel : [Vijaya.raghavan@mcgill.ca](mailto:Vijaya.raghavan@mcgill.ca)

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, et Agriculture et Agroalimentaire Canada.