

Influence du diamètre et de la température sur les isothermes de désorption des grains de couscous

H. BAGAR, I. MRANI, A. EL AFIF

Laboratoires de Mécanique et Energétique Faculté de Sciences Université Chouaib Doukkali ElJadida_MAROC

Auteurs Correspondants : ibmrani@gmail.com et alielaafif2005@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence du diamètre des grains et de la température sur les isothermes de désorption des grains de couscous, expérimentalement par la méthode gravimétrique statique. Dans un premier temps, nous avons fixé le diamètre à 2.5 mm et nous avons déterminé les courbes des isothermes de désorption aux températures 30°C, 40°C et 50°C. Dans la suite nous avons déterminé les courbes des isothermes de désorption à 40°C des trois diamètres différents (1.6, 2 et 2.5 mm). Les isothermes de désorption sont décrites théoriquement par le module de Guggenheim Anderson Boer (GAB).

Mots clés : grain de couscous, l'isotherme de désorption, teneur en eau, humidité relative.

1. Introduction

Les isothermes de sorption-désorption sont d'une grande importance dans l'industrie agro-alimentaire, de stockage et de conservation des aliments. Leur connaissance donne des informations précieuses sur l'équilibre hygroscopique d'un produit du fait qu'elles permettent de connaître le domaine de stabilité du produit après séchage et renseignent ainsi sur les types d'eau présentes dans le produit. Cet équilibre est caractérisé à partir de ces courbes dont la détermination expérimentale exige un grand nombre de mesures. En effet, c'est à partir des courbes de désorption qu'on détermine la teneur en eau final d'un produit à sécher [1].

L'objectif visé par cette étude est la détermination expérimentale des courbes de désorption des grains de couscous, et ce pour différentes valeurs de température et de diamètre.

2. Matériel et mode opératoire

Le dispositif expérimental utilisé dans ce travail (Figure 1.a, Figure 1.b) se compose d'une étuve remplie de six bocaux, contenant un quart de solution saline de différentes espèces (KOH, NaCl, NaNO₃, K₂SO₄, KNO₃, MgCl₂) [2]. Chaque bocal comporte un porte-échantillon sur lequel est

placé un flacon contenant une masse de produit de teneur en eau initiale égale à 42%.

L'expérience consiste à mettre les échantillons à désorption dans les enceintes contenant des solutions de sels saturées et maintenues à température et à humidité relative constantes.

A l'aide d'une balance de précision, chaque échantillon est pesé régulièrement par intervalle de trois à huit jours jusqu'à atteindre la masse caractérisant l'équilibre thermodynamique [1]. Cet équilibre est obtenu lorsque l'échange entre le produit en question et l'air ambiant est terminé. Dès que les masses humides sont déterminées, les échantillons sont introduits dans une étuve à 120 °C pendant 24 heures afin de déterminer leurs masses sèches [3].

La teneur en eau d'un matériau hygroscopique où l'humidité absolue est définie par la masse d'eau contenue dans un produit, exprimée en pourcentage de la masse sèche de ce produit. Cette valeur est importante pour tous les produits vendus au poids.

Nous avons calculé la teneur en eau par la relation suivant :

$$W = \frac{M_e - M_s}{M_s}$$

Avec

M_e : La masse de produit humide

M_s : La masse sèche de produit



Figure 1.a : bocal porte l'échantillon



Figure 1.b : Étuve

3. Effet de la température sur les isothermes de désorption

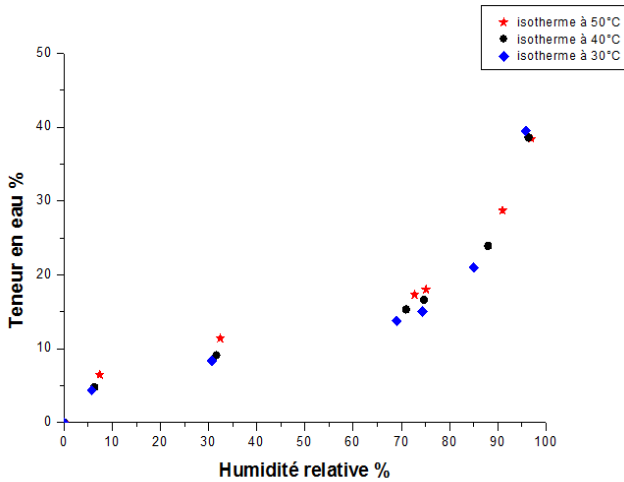


Figure 2: les isothermes de désorptions à 30,40 et 50°C.

D'après cette courbe nous avons vu que l'isotherme de désorption des grains de couscous est augmentée lorsque la température augmente et inversement.

A une valeur d'humidité relative constante lorsque la température augmente, la pression de vapeur de l'eau dans le bocal fermé augmente [4] et la pression interne de vapeur de l'eau des grains de couscous est supérieure à la pression intérieure du bocal. La pression de couscous diminue jusqu'à pendre l'équilibre. Comme la pression dans le bocal à 40°C est supérieure à celui à 30°C, alors la quantité de l'eau à 40°C qui reste dans les grains de couscous est supérieure à celle à 30°C. Donc la teneur en l'eau d'équilibre à 50°C est supérieure à celle atteintes à 40 et à 30°C.

4. Modélisation des isothermes de désorption

Plusieurs auteurs ont proposé des modèles mathématiques sous forme empirique pour décrire la relation graphique entre la teneur en eau d'équilibre, l'humidité relative d'équilibre et la température [5]. Dans ce travail, nous avons choisi cinq modèles empiriques : Guggenheim Anderson Boer (GAB) [6], Oswin[7], Smith[8], Harkings, Henderson [9] pour déterminer le modèle qui décrit le mieux l'isotherme de désorption de grain de couscous.

Auteurs	Modèle
Guggenheim Anderson Boer (GAB)	$W = \frac{HR C K W_{12}}{(1 - HR K)(1 + HR C K - HR K)}$
Harkings	$HR = \exp\left(K - \frac{n}{W^2}\right)$
Smith	$HR = 1 - \exp\left(-\frac{K - W}{n}\right)$

Tableau1 : modèle mathématique pour les isothermes de sorption-désorption

Avec : $C = C_0 \exp\left(\frac{H_l - H_m}{RT}\right)$, $K = K_0 \exp\left(\frac{H_l - H_q}{RT}\right)$

W_{12} : Teneur en eau à la transition entre les zones monocouche et multicouche

n : Nombre de couches

H_l : Chaleur de condensation de l'eau pure

H_m : Chaleur de sorption totale de la première couche

H_q : Chaleur de sorption totale des multicouches

C : Coefficient de module de GAB

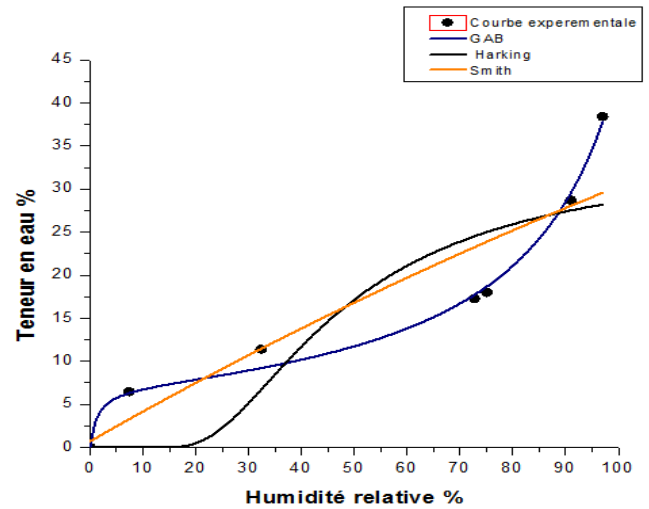


Figure 3 : Courbe d'isotherme de désorption de couscous à 30°C.

D'après la figure 3 le modèle de Guggenheim Anderson Boer est utilisé souvent pour décrire les isothermes de désorption des grains de couscous. Les modèles : Oswin, Henderson, Harkings et Smith ne donnent pas de bons résultats pour décrire les isothermes de désorption des grains de couscous.

5. Effet des diamètres des grains de couscous sur les isothermes de désorption

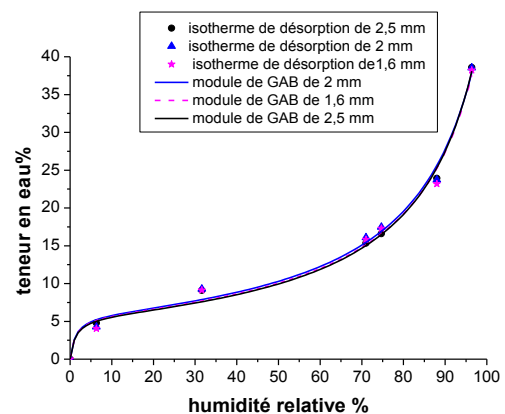


Figure4: les isothermes de désorptions de grains de couscous à trois diamètres différents.

Nous avons vu que les changements de diamètres des grains n'ont pas d'influence significative sur les isothermes de désorption des grains de couscous à 40°C (figure 4).

A 40°C, nous avons augmenté le diamètre par 16% et par 20%, 36%, les valeurs de la teneur en l'eau d'équilibre pour la même humidité relative, ont augmenté de 1% à 5%.

Diamètres (mm)	C	K	W12
2.5	90	0.00885	5.62333
2	90	0.00877	5.86165
1.6	90	0.00880	5.71714

Tableau 2: Les constantes du modèle de GAB à 40°C pour trois diamètres différents.

Le tableau 2 représente les paramètres du module de GAB à 40 °C pour les trois diamètres des grains de couscous.

6. Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats obtenus nous ont permis de calculer la teneur en eau de la mono couche moléculaire W_{12} par l'équation de GAB.

Nous avons déterminé expérimentalement les isothermes de désorption des grains de couscous pour un diamètre de 2.5 mm à 30, 40 et 50°C, ces courbes sont décrites par le modèle mathématique de Guggenheim Anderson Boer (GAB).

Nous avons déterminé expérimentalement également les isothermes de désorption des grains de couscous pour des diamètres de 1.6, 2 et 2.5 mm à 40°C.

Les résultats ont montré que le diamètre n'a pas d'influence significative sur les isothermes de désorption des grains de couscous.

Référence :

- [1]. M. Kouhila, A. Belghit et M. Daguene, *Approche Expérimentale des Courbes de Sorption de la menthe en vue d'un Séchage par Energie Solaire*, Rev. Energ. Ren. Vol. 2 (1999) 61 – 68.
- [2]. M. AGHFIR, M. KOUHILA, A. JAMALI, A. IDLIMAM, A.LAMHARRAR, M. RHAZI, *isothermes d'adsorption-désorption des feuilles de romarin (rosmarinus officinalis)*, 12^{èmes} Journées Internationales de Thermique, Tanger, Maroc du 15 au 17 Novembre 2005.
- [3]. S. Akkad, A. Idlimam, A. Lamharrar, M. Essaber, M. Kouhila et J. Costa, *Etude Evaluation des isothermes de désorption et de la chaleur isostérique de deux plantes aromatiques et médicinales par la méthode gravimétrique statique en vue de leur séchage*, Revue

des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008) 1 – 6.

- [4]. U. Siripatrawan, P. Jantawat, *Determination of Moisture Sorption Isotherms of Jasmine Rice Crackers Using BET and GAB Models*, Food Science and Technology International, Food Sci Tech Int 2006; 12(6):459–465
- [5]. A. LAMHARRAR, C. Sidi Ethmane KANE, A. IDLIMAM, *détermination expérimentale des isothermes de sorption et de la chaleur isostérique des feuilles d'absinthe et de menthe pouliot*, 13^{èmes} Journées Internationales de Thermique, Albi, France du 28 au 30 Août 2007.
- [6]. E. Guggenheim. *Applications of statistical mechanics*. In: Rao, M., and Rizvi, S. (eds), Engineering Properties of Food, 2nd edn. New York: Marcel Dekker Inc., pp. 115–251.
- [7]. G.R. Oswin, *The kinetics of package life*. International Chemical Industry, 65, 419-421.
- [8]. S. E. Smith, *The sorption of water vapour by high polymers*. Journal of the American Chemical Society, 69, 646-651.
- [9]. S.M. Henderson, *A basic concept of equilibrium moisture*. Agricultural Engineering, 33, 29-32.