

HIGROSCOPICIDAD DE ARROZ INTEGRAL

Débora Castro^{1*}, Ada Castillo², Diana R. González¹, Dámaso Castillo³, Abel Córdoba² y Gisela González²

¹Instituto Finlay, La Habana, Cuba

²Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, C.P. 19 200, Cuba

³Instituto de Investigaciones de Granos, La Habana, Cuba

E-mail: dcastro@finlay.edu.cu

RESUMEN

Se determinó la higroscopicidad de una variedad de arroz integral cubana mediante el trazado de su isoterma de adsorción a 30 °C. Los datos de adsorción experimentales se ajustaron al modelo de G.A.B., el cual presentó un buen ajuste a los datos experimentales de la isoterma de adsorción. El contenido de humedad inicial del arroz integral fue de 13,22 % y el de la monocapa fue 6,12 %. La actividad de agua fue 0,62 y 0,19, respectivamente.

Palabras clave: arroz integral, higroscopicidad, isoterma de adsorción.

ABSTRACT

Higroscopicity of integral rice

The hygroscopic of a cuban variety of integral rice was determined by means of the adsorption isotherm at 30°C. The adsorption data experimentally obtained were fitted to model proposed by G.A.B. It showed a good fit to the adsorption isotherm experimental data. The initial humidity content was 13,22% and the monolayer humidity content was 6,12%. Water activity was 0,62 and 0,19, respectively.

Key words: integral rice, higroscopicity, adsorption isotherm.

INTRODUCCIÓN

El arroz integral es un alimento que a diferencia del arroz blanco es portador de vitaminas, aceites, minerales y fibra dietética, aventajando notablemente al arroz blanco desde el punto de vista nutricional (1). Sin embargo, a diferencia del arroz pulido o blanqueado que se comercializa normalmente en el mundo, la principal restricción del arroz integral es su limitada estabilidad a altas humedades relativas del aire y temperatura ambiental, debido a que los lípidos de las ca-

pas externas del grano se deterioran con gran rapidez. Las lipasas, al hidrolizar los lípidos, aumentan el contenido en ácidos grasos libres que se oxidan fácilmente por la acción de peroxidasas. Los compuestos resultantes, además de ser dañinos para la salud, son responsables del olor y sabor desagradable, típico de la grasa rancia (1).

En Cuba actualmente se consume el arroz orgánico integral Bolito Bahía, procedente de Pinar del Río, en la dieta macrobiótica, donde el arroz integral constituye un plato fundamental, pues es el alimento que más se consume en este tipo de dieta. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la higroscopicidad de este producto mediante el trazado de su isoterma de adsorción.

MATERIALES Y MÉTODOS

A tres lotes de arroz recién descascarado se les determinó el contenido de humedad inicial (2), para comprobar si se encontraban dentro de los valores establecidos (12,5 a 13,5 %). Se tomaron aproximadamente 300 g de muestra de arroz de cada uno de ellos y se colocaron en una desecadora que contenía pentóxido de di fósforo,

***Débora Castro Espín:** Ingeniera Química (ISPJAE, 1982). Investigador Titular. Doctora en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (Universidad Politécnica de Valencia, 1999) con más de 20 años de experiencia en investigaciones básicas y aplicadas al desarrollo de procesos y productos para la industria cubana de procesamiento de frutas y vegetales y de asistencia, asesoría y servicios a esta; además ha trabajado en el desarrollo de alimentos funcionales y para regímenes especiales y en actividades de educación alimentaria y nutricional del Programa Nacional de Cultura Alimentaria. Actualmente trabaja en el Instituto Finlay como responsable de un grupo de investigación, desarrollo y control de calidad de alimentos, perteneciente al proyecto de Desarrollo e Implementación de la alimentación macrobiótica en Cuba.

como agente desecante, durante una semana. Posteriormente se determinó el contenido de humedad residual a cada muestra de arroz (2). Se construyó la isoterma de adsorción de cada muestra de arroz integral a 30 °C en un equipo medidor de actividad de agua (a_w) marca Novasina, modelo Humidat TH-2. La Tabla 1 muestra que se utilizaron diferentes soluciones saturadas de sales, con una actividad de agua conocida, para proporcionar atmósferas de humedad relativa constantes entre 20 y 90 % a 30 °C. Se colocó el arroz, pesado previamente con exactitud, en el porta muestra del equipo y cuando se alcanzaba el equilibrio entre la primera sal y la muestra, ésta se pesaba para determinar el incremento en peso debido a la ganancia de humedad y se volvía a colocar en el equipo con la siguiente sal de mayor actividad de agua y así sucesivamente hasta, de menor a mayor a_w llegar a la última sal (Tabla 1).

Se graficó la actividad de agua de la muestra en equilibrio con la sal *versus* su porcentaje de humedad promedio en base seca. La isoterma de adsorción promedio obtenida se ajustó a una función sigmoideal obtenida mediante regresión no lineal por el programa Microsoft Excel. Además, los datos de adsorción obtenidos experimentalmente se ajustaron al modelo de Guggenheim, Anderson y Boer, conocido como modelo de G.A.B. (5,6), cuya ecuación es:

$$m = M_m C_G K a_w / (1 - k a_w) (1 - K a_w + C_G K a_w) \quad (I)$$

Donde:

m = Humedad de la muestra (g de agua /100 g de material seca)

M_m = Contenido de humedad equivalente a la capa monomolecular de agua adsorbida

(monocapa)

C_G = Constante de Guggenheim

K = Factor de corrección de las propiedades de las moléculas de agua de la multicapa con respecto al bulbo líquido

a_w = Actividad de agua

Tabla 1. Soluciones saturadas de sales y sus respectivas actividades de agua a 30 °C (3 y 4)

Solución saturada de sal	a_w
Acetato de potasio	0,223
Cloruro de magnesio	0,324
Bromuro de sodio	0,533
Ioduro de potasio	0,679
Cloruro de sodio	0,751
Cloruro de potasio	0,836
Cloruro de bario	0,900

La estimación de M_m , C_G y k del modelo de G.A.B. se obtuvieron transformando la ecuación (I) en su forma cuadrática (7), con lo cual se obtiene la ecuación polinómica de segundo grado siguiente:

$$a_w/m = a a_w^2 + b a_w + d \quad (II)$$

Donde:

$$\alpha = (K/M_m)(1/C-1)$$

$$\beta = 1/M_m(1-2/C_G)$$

$$\delta = 1/M_m C_G K$$

A partir de los valores de porcentaje de humedad en base seca (m) en función de la a_w , obtenidos experimentalmente de la isoterma de adsorción del arroz integral, se representó gráficamente a_w/m vs a_w . Los coeficientes α , β y δ de la ecuación II también fueron determinados de dicho ajuste (8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comprobó que la humedad de cada una de las muestras de los tres lotes de arroz estuvieron dentro de los valores establecidos por la norma de especificaciones de calidad, siendo éstos: 13,08; 13,46 y 13,12 %.

La Fig. 1 refleja la isoterma de adsorción a 30 °C resultante del promedio de los tres lotes de arroz orgánico integral. Dicha curva presenta una forma sigmoideal característica de los productos alimenticios. Esta forma se atribuye a diferencias cualitativas en la afinidad del agua de los sólidos higroscópicos (9).

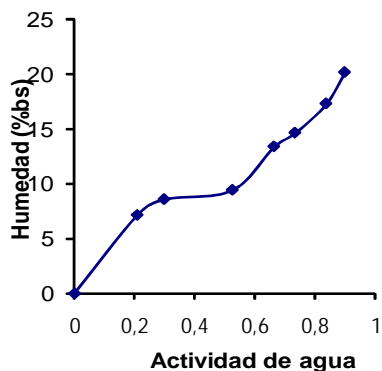


Fig. 1. Isotherma de arroz integral Bolito Bahía orgánico e integral promedio de tres lotes a 30 °C.

Los coeficientes de regresión y la ecuación obtenida del ajuste de los datos experimentales fueron:

$$a_w/m = -0,126 a_w^2 + 0,161 a_w + 0,001 \quad R^2 = 0,91$$

A partir del modelo de G.A.B. se calculó el contenido en agua correspondiente a la capa monomolecular (M_m). Este parámetro indica el contenido en humedad que permite la máxima estabilidad en la mayoría de los alimentos puesto que las reacciones microbiológicas y bioquímicas de deterioro son mínimas (10). En nuestro caso se obtuvo una humedad de la monocapa de 6,12 %.

En la gráfica de la isoterma (Fig.1) se pueden diferenciar tres zonas en función de la actividad de agua, que coinciden con las regiones que normalmente se observan en las isotermas de forma sigmoidal. Estas regiones representan los tres tipos principales de estado del agua en el producto según la a_w del mismo (Cadden, 1988; Rockland y Nishi, 1980). Hasta valores de a_w de aproximadamente 0,20; se observa una zona inicial convexa, correspondiente a la región de la monocapa o de agua fuertemente ligada mediante puentes hidrófilos sobre los puntos polares de los componentes del alimento. Esta parte del agua no está disponible para actuar como disolvente o reactivo. La segunda región o zona intermedia, desde valores de a_w de alrededor 0,20 hasta aproximadamente 0,73; se correspondería con la multicapa, una zona de transición en la cual el agua está cada vez más débilmente ligada mediante puentes de hidrógeno. La tercera zona corres-

pondiente a los valores de a_w entre 0,73 y 0,90; aproximadamente se observa la sección final cóncava de la isoterma, correspondiente a la región del agua unida por capilaridad, condensada sobre la multicapa o agua libre, en la cual están disueltos la mayor parte de los componentes del sistema.

La ecuación de G.A.B. es un buen modelo para estudiar el comportamiento de adsorción del producto durante al almacenamiento. El contenido de humedad inicial promedio del arroz integral fue 13,22 % (DS = 0,21) (2). Para la isoterma de adsorción obtenida experimentalmente a 30 °C, este porcentaje de humedad se corresponde a un valor de a_w de 0,62. El valor de humedad de la monocapa obtenido para este producto fue de 6,12 % y que el mismo corresponde a a_w de 0,19; sería bueno obtener el arroz con una humedad inicial cercana a este valor de humedad de la monocapa, pues es el valor para el cual las reacciones de deterioro del producto son mínimas; sin embargo, esto no es posible si tenemos en consideración que el arroz en el campo se seca al sol. Para estas condiciones de secado el valor de a_w óptimo obtenido es de alrededor de 0,6. Este valor se encuentra en la zona de la multicapa más cerca al límite de la tercera zona donde el agua está unida por capilaridad y susceptible a reacciones de deterioro, que pudieran además ser del tipo microbiológico (Fig. 1). Esto indica que para garantizar la conservación de este arroz se requiere de materiales de envases de mayor barrera al vapor de agua.

CONCLUSIONES

El modelo de Guggenheim Anderson y Boer presentó un buen ajuste a los datos experimentales de la isoterma de adsorción del arroz orgánico e integral de la variedad cubana Bolito Bahía.

El contenido de humedad inicial promedio del arroz integral fue 13,22 % y el de la monocapa 6,12 % a los que corresponde una actividad de agua de 0,62 y 0,19; respectivamente.

REFERENCIAS

1. Juliano, B. y Bechel, D. Rice Chemistry and technology: The Rice Grain and its gross composition. 2da ed. Am. Assoc. Cereal chem. St Paul, M. N., 1985.
2. A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13th ed. Association of Official analytical Chemist, Washington D.C. 2005.
3. Fanto, G.; Resnik, S.; Chirife, J. y Feno, F. C. J. Food Sci. 48, 534-536; 1983.
4. Kitec, D.; Pereira, D. y Resik, S. Journal of Food Science. 15, 1986, pp. 1037-1041.
5. Singh, P. y Singh, R. J. Food Process. Preserv, 20 (3): 203-220, 1996.
6. Toledo, R. Fundamentals of Food Process Engineering, 2nd. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1991, pp 456-506.
7. Cadden, A. J. Food Sci., 53 (4): 1150-1155, 1988.
8. Kaminski, W. y Al-Bezweni, M. Int. J. Food Sci. Technol., 29: 129-136; 1994.
9. Kapsalis, J. G. Moisture sorption en Water activity: Influence on Food Quality, Academic Press Inc., New York. pp. 143 - 177; 1981.
10. Leung, H. K. Influence on water activity on chemical reactivity, En: Rockland, L. B., y Beuchat, L.R. (eds.), Water Activity: Theory and Applications to Food, Marcel Dekker, Inc., New York. 1987, pp. 278-54.
11. Rockland L. y Nishi, S. Food Technol., 34 (4): 42, 44-46, 48-51, 59, 1980.