

HIGROSCOPICIDAD DE HABAS DE CACAO A 25 °C

Ada Castillo*, Silvia Falco, Lumey Llera, Maruja González, Gisela González
y Abel Córdoba

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria
Carretera al Guatao, km 3½, C.P. 19 200. La Habana, Cuba
E-mail: ada@iiaa.edu.cu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el trazado de la isoterma de adsorción de las habas de cacao a 25 °C, las cuales fueron cosechadas en la región de Baracoa, Cuba. Se construyó la isoterma de adsorción, mediante el método de Landrock y Proctor, en el rango de a_w de 0,113 a 0,90; una vez alcanzado el equilibrio se realizaron análisis microbiológicos. Los valores de humedad en base seca y de a_w de la isoterma de adsorción obtenidos experimentalmente se ajustaron al modelo de Guggenheim, Anderson y Boer (G.A.B.), el que presentó un buen ajuste ($R^2 = 0,96$). El contenido de humedad inicial promedio de las habas de cacao fue 7,28 % bs. Los resultados obtenidos en la isoterma de adsorción a 25 °C arrojaron que para la a_w de 0,75, el contenido de humedad de las habas de cacao fue de 7,76 % bs. Las muestras de habas de cacao expuestas a a_w de 0,845 y 0,93 después de alcanzado el equilibrio presentaron conteos de mohos del orden de 10^2 y 10^3 ufc/g, respectivamente.

Palabras clave: cacao, humedad, isoterma de adsorción.

ABSTRACT

Higroscopicity of cocoa beans at 25°C

The aim of this work was to determine the moisture adsorption isotherm for cocoa beans at 25°C, who were produced in Baracoa, Cuba. The moisture sorption isotherm was made according to the Landrock and Proctor method between 0,113 to 0,90 a_w interval, then Microbiological analysis was performed at the equilibrium. Results for Guggenheim, Anderson and Boer (G.A.B.) model fitted were highly significant ($R^2 = 0,96$). The content of humidity initial average of the beans of cocoa was 7.28% bs. At the equilibrium for a_w 0.75 the humidity content of cocoa's bean was 7.76%. The samples of cocoa's bean exposed to a_w of 0,845 and 0.93 after be reached the equilibrium presented counts of molds of 10^2 and 10^3 ufc/g, respectively .

Key words: cocoa, humidity, adsorption isotherm.

INTRODUCCIÓN

El cacao, una vez que ha sido sometido a los procesos de fermentación y secado, es un comestible delicado cuya calidad puede verse afectada rápidamente a causa de malas condiciones de almacenamiento (1).

Uno de los factores más importantes en la conservación de los alimentos es la actividad de agua (a_w) del producto. La posibilidad de que se lleven a cabo diferentes tipos de reacciones bioquímicas, así como el crecimiento de microorganismos que produzcan alteraciones o que sean patógenos, depende de la actividad de agua. Si se conoce la composición química del alimento y su isoterma de adsorción, puede estimarse el contenido de humedad óptimo para la estabilidad del alimento (2,3), la cual está relacionada con su actividad de agua. El conocimiento de la isoterma de adsorción del cacao es fundamental para predecir la actividad de agua de este producto, a determinada temperatura de almacenamiento.

*Ada Castillo Coto: Ingeniera Química (ISPJAE, 1975). Investigador Titular. Máster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (IFAL, 1998). Actualmente trabaja en el departamento de Envases. Sus principales líneas de trabajo son: tecnología de envasado de alimentos en envases plásticos, diferentes líneas de envases y máquinas de envases, comportamiento de alimentos en estos materiales y estudio de la durabilidad de alimentos envasados.

En Cuba está establecido una tolerancia máxima de 8,0 % de humedad para el cacao producido nacionalmente, incluyendo el cacao de exportación (4), lo que concuerda con la legislación venezolana (5). El contenido de humedad debe ser mantenido por debajo de dicho valor si se desea asegurar la estabilidad y conservación de este producto.

En general se dispone de información muy limitada de estudios que relacionen la humedad relativa de equilibrio en el almacenamiento y el contenido de humedad del cacao, específicamente para las habas de cacao producidas nacionalmente, a diferentes condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa de almacenamiento en el país. Se conoce de un trabajo anterior (6) referente a la isoterma de adsorción y desorción de las habas de cacao evaluadas a la temperatura de 30 °C donde a valores de humedad relativa superiores a 53 % se superponen ambas curvas. Teniendo en consideración que la HR promedio de los almacenes de nuestro país caen en este rango, se definió en este trabajo evaluar solamente la isoterma de adsorción, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la isoterma de adsorción de las habas de cacao cosechadas en la época de invierno en la región de Baracoa a 25 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recibieron 4 kg de habas de cacao fermentado procedente del municipio Baracoa, provincia de Guantánamo. El proceso de fermentación se realizó durante seis días con igual tiempo posterior de secado de forma natural. La muestra corresponde a la cosecha corta o de invierno (noviembre 2006 a febrero 2007) que constituye una mezcla de variedades. Por el tamaño del grano se puede inferir amplia presencia de granos provenientes de clones UF 650, UF 677, que son los de mayor tamaño, los que de acuerdo a la norma cubana (4) se clasifican como clase I.

Para el montaje de la isoterma de adsorción, las muestras de habas de cacao se seleccionaron de acuerdo al tamaño, se consideraron granos pequeños, medianos y grandes, colocándose en cada portamuestra tres habas de cacao, una de cada tamaño.

A las habas de cacao recién recibidas se les determinó el contenido de humedad de acuerdo a la norma cubana (7). Se determinó conteo total (8), microorganismos coliformes (9), conteo de mohos y levaduras (10) y presencia de micotoxinas (11). Los análisis se hicieron al inicio y una vez alcanzado el equilibrio de la isoterma de adsorción.

Para la isoterma de adsorción se procedió al secado preliminar de la muestra, para lo cual se tomaron aproximadamente 300 g y se colocaron en una desecadora que contenía pentóxido de difósforo como agente desecante, durante dos semanas. La isoterma de adsorción se construyó a 25 °C. Se colocaron cantidades exactas en el portamuestra suspendido en cada frasco equivalente a tres habas de cacao, una pequeña, una mediana y una grande (alrededor de 3 g) en contacto con la humedad relativa creada sobre la superficie de diferentes soluciones saturadas de sales contenidas en frascos cerrados herméticamente. Mediante pesadas periódicas durante el tiempo se obtuvo el equilibrio del producto, que correspondió al momento en el que no hubo más ganancia en peso, de modo que las soluciones saturadas de LiCl, KCH₃COO, CaCl₂·6H₂O, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂·6H₂O, NH₄NO₃, NaCl, KCl y KNO₃ empleadas, provocaron a las respectivas muestras humedades relativas de equilibrio (HRE) de 13,0; 19,0; 31,0; 43,0; 52,0; 63,5; 75,0; 84,5 y 93,0 %. Las mediciones se realizaron por triplicado. Con los respectivos valores de ganancia de peso (adsorción), se calcularon los porcentajes de humedad (en base seca) de la muestra en equilibrio para cada solución saturada de las sales y se promediaron las tres réplicas correspondientes a cada solución saturada de la sal (HRE). Los valores obtenidos se graficaron *versus* la actividad de agua de la muestra en equilibrio con la solución saturada de la sal (isoterma de adsorción). Los datos de la isoterma de adsorción obtenida experimentalmente se ajustaron al modelo de G.A.B. (12-14), 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 materia 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

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 (15), con lo cual se obtiene la ecuación polinómica de segundo grado siguiente:

$$a_w/m = a a_w^2 + b a_w + d \text{ (II)}$$

Donde:

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

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

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

Los coeficientes: α , β y δ de la ecuación II también fueron determinados de dicho ajuste (16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comprobó que la humedad inicial de las muestras de habas de cacao estaban dentro de los valores establecidos por la norma de especificaciones de calidad, siendo ésta 6,79 % bh. (7,28 % bs) (4). La humedad residual promedio obtenida fue de 1,26 % bh. (1,28 % bs).

Los conteos totales de mesófilos al inicio fueron $2,3 \times 10^4$ ufc/g y los de mohos 5×10^4 ufc/g. Los coliformes tuvieron un valor inicial de 3×10^4 . No se observó levaduras viables ni presencia de micotoxinas. Como puede apreciarse se partió de unas habas de cacao de buena calidad microbiológica, pues los conteos totales fueron inferiores a 5×10^4 ufc/g y los mohos menores de 10^2 ufc/g (17).

La Tabla 1 muestra los valores experimentales de la isoterma de adsorción promedio obtenida.

Tabla 1. Valores experimentales de la isoterma de adsorción de las habas de cacao a 25 °C

a_w	Humedad (% bs)	
	Media	S
0,130	3,51	0,02
0,190	4,03	0,34
0,310	4,70	0,05
0,430	4,87	0,06
0,520	5,50	0,05
0,635	6,56	0,46
0,755	7,76	0,39
0,845	10,30	0,63
0,930	15,96	0,59

La ecuación de G.A.B. es un buen modelo para estudiar el comportamiento de adsorción del producto durante el almacenamiento. Los coeficientes de regresión y la ecuación obtenida del ajuste de los datos experimentales fueron:

$$a_w/m = - 3,999 a_w^2 + 4,447 a_w - 0,009 \quad R^2 = 0,96$$

El modelo presentó un buen ajuste a los datos experimentales de la isoterma. El contenido de humedad de la monocapa (M_m), obtenido a partir del modelo de G.A.B. fue de 0,25 % bs. Este parámetro indica el contenido en humedad en la cual existe la máxima estabilidad en la mayoría de los alimentos, puesto que las reacciones microbiológicas y bioquímicas de deterioro son mínimas (18).

La Fig. 1 muestra la isoterma de adsorción experimental de las habas de cacao a 25 °C. Dicha isoterma tiene forma sigmoideal característica de los alimentos, esta forma sigmoideal se atribuye a diferencias cualitativas en la afinidad del agua de los sólidos higroscópicos (19).

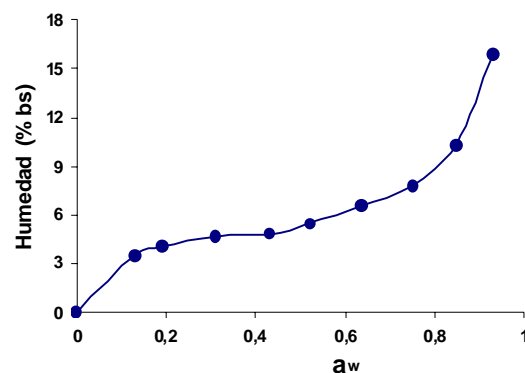


Fig. 1. Isoterma de adsorción de habas de cacao a 25 °C.

Para el contenido de humedad inicial de las habas de cacao de 7,28 % bs, la actividad de agua fue de 0,702. Según la Fig. 1, este valor se encuentra en la zona donde el agua está unida por capilaridad y susceptible a reacciones de deterioro (16), que como se ha comprobado de la isoterma son del tipo microbiológico. Por otra parte, el contenido máximo de humedad admisible de 8 % bh (8,70 % bs) también se encuentra esta misma zona, correspondiéndole un valor de a_w de 0,81.

Una vez alcanzado el equilibrio en la isoterma de adsorción, todas las muestras expuestas en todo el rango de a_w 0,113 a 0,90 presentaron valores de conteo total mantenidos en el mismo orden que al inicio, lo cual es lógico pues estos valores de a_w no son favorables para su desarrollo ($a_w > 0,97$) (20). Tampoco se apreció en este rango presencia de micotoxinas. Las muestras expuestas a las a_w desde 0,113 hasta 0,750 no presentaron crecimiento de mohos y levaduras ni de coliformes. Sin embargo, las muestras expuestas a a_w de 0,845 y 0,93 después de alcanzado el equilibrio mostraron crecimiento de mohos, alcanzándose conteos del orden de 10^2 y 10^3 ufc/g respectivamente. Esto coincide con lo reportado en la literatura donde se plantea que los mohos del género *Aspergillus* y *Penicillium* presentan una a_w de crecimiento entre 0,8 y 0,9 (20). Con relación al desarrollo microbiológico los resultados del presente trabajo se corresponden con los obtenidos en trabajos anteriores (6).

REFERENCIAS

1. Braudeau, J. El Cacao. Barcelona. Editorial Blume, 1970, pp. 16-18.
2. Labuza, T. Properties of water as related to the keeping quality of foods. En: Proc. Int. Congr. Food Sci. Technol., 3rd. Inst. Food Technol., Chicago, 1970, pp. 618-635.
3. Labuza, T. Food Technol., 34: 36-41, 1980.
4. NC - 451:06. *Cacao en grano. Especificaciones de Calidad*. Cuba, 2006.
5. M.A.C. "Leyes y Resoluciones sobre Sanidad Vegetal. Comunicaciones Agrícolas". Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas, 1995.
6. Castillo, A.; Falco, S.; Llera, L.; González, M.; González, G. y Córdoba, A. La Alimentación Latinoamericana. 275, 66-71, 2007.
7. NC - ISO. 2291: 2006. *Cacao en grano. Determinación del contenido de humedad (Método de rutina ISO 2291:1980 IDT)*. Cuba, 2006.
8. NC - ISO. 4833: 2002. *Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Conteo Total m.o. mesófilos viables*. Cuba, 2002.
9. NC - ISO. 4832: 2002. *Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Conteo Coniformes totales*. Cuba, 2002.

También se observó que las muestras de cacao expuestas a 25 °C en el equilibrio a la a_w de 0,75 le correspondió un contenido de humedad de 7,76 % bs, el cual es menor que el obtenido para las habas de cacao expuestas a una temperatura de 30 °C para este valor de a_w que fue de 8,74 % bs (6), lo que indica que una temperatura de almacenamiento 5 grados inferior a la temperatura promedio de mayor frecuencia en nuestros almacenes que es de 30 °C favorece la calidad de las habas de cacao en lo referente a su contenido de humedad.

CONCLUSIONES

El modelo G.A.B. presentó un buen ajuste a los datos experimentales de la isoterma de adsorción a 25 °C de las habas de cacao fermentado, correspondiente a la cosecha de invierno de la región de Baracoa, las cuales estaban constituidas por una mezcla de variedades, clasificadas como clase I de acuerdo a la NC 45: 2006. El contenido de humedad inicial promedio de las habas de cacao fue de 7,28 % bs al que correspondió una a_w de 0,702. Asimismo al valor de humedad máximo admitido a las habas de cacao de 8,70 % bs le correspondió una HRE de 0,81 %. Las muestras de habas de cacao expuestas a a_w de 0,845 y 0,93 después de alcanzado el equilibrio, presentaron conteos de mohos del orden de 10^2 y 10^3 ufc/g, respectivamente.

10. NC – ISO. 7954: 2002. *Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Conteo de Mohos y Levaduras viables*. Cuba, 2002.
11. NC. 7606.1985. *Determinación de micotoxinas por el método de cromatografía de placa*. Cuba, 1985.
12. Joupila, K. y Roos, Y. H. J. *Dairy Sci.* 77: 1798-1808, 1994.
13. Singh, P. y Singh, R. *J. Food Process. Preserv.* 20 (3): 203-220, 1996.
14. Toledo, R. *Fundamentals of Food Process Engineering*, 2nd. Ed. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991, pp. 456-506.
15. Cadden, A. J. *Food Sci.* 53: 1150-1155, 1988.
16. Kaminski, W. y Al-Bezweni, M. *Int. J. Food Sci. Technol.* 29: 129-136, 1994.
17. INHA. Anteproyecto de NC. 2002. Anteproyecto de regulaciones de normas sanitarias de alimentos. Cuba.
18. Leung, K. y Steimberg, M. J. *Food Sci.* 46: 558-569, 1989.
19. Kapsalis, J. *Moisture sorption en Water activity: Influence on Food Quality*, New York, Academic Press Inc. 1981, pp. 143-177.
20. Samson R. *Introduction to food-borne fungi*. 3^{er} Edit. Netherland, Ponsen & Looigen, 1988. pp. 236-238.