

ISOTERMAS DE DESORCIÓN EN HARINAS DE AMARANTO

Juan de Dios Alvarado¹, Esthela Toaza²
y Guadalupe Coloma²

Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

RESUMEN

En muestras de semillas molidas de amaranto (*Amaranthus hybridus*), conocido localmente como "ataco" o "sangoracha", cosechadas en dos años consecutivos, se procedió a determinar la presión de vapor a cuatro temperaturas (15°, 20°, 25° y 30°C) y diferentes contenidos de humedad, obtenidos por secado en estufa durante varios tiempos en un rango desde 60 g agua/100 g de materia seca que corresponde a la semilla recién cosechada, hasta valores de 10 g agua/100 g de materia seca o menores, en equipo Brabender. En forma paralela, se determinó también la presión de vapor de agua destilada para el cálculo de la actividad del agua y humedad de la muestra.

Se presentan las isotermas correspondientes a cada temperatura. Considerando los valores experimentales, la aplicación del modelo G.A.B. (Guggenheim - Anderson - De Boer) permitió definir las humedades correspondientes a la mayor estabilidad en el rango de 9.9 a 7.6 g/100 g. Un mejor ajuste de los datos se estableció mediante ecuaciones polinómicas de tercer grado, las cuales se grafican para cada temperatura. Se indica que pueden ser utilizadas en un rango de 0.15 a 0.95 de actividad de agua para calcular los contenidos correspondientes de agua en equilibrio.

Las isotermas de desorción de agua en alimentos son importantes para determinar la relación de equilibrio entre la humedad y la actividad del agua, lo cual permite establecer los cambios físicos, químicos o biológicos que se espera ocurrirán con mayor frecuencia. Se considera que los resultados son de utilidad en varios campos de acción como: secado, molienda y almacenamiento de harina de amaranto.

Manuscrito modificado recibido: 15-5-90.

1 Ingeniero en Alimentos y M.Sc. en Tecnología de alimentos, Docente Principal, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL), Universidad Técnica de Ambato, Casilla 916, Ambato, Ecuador.

2 Ingenieras en Alimentos, miembros de la misma Facultad.

INTRODUCCION

Chirife (1), indica que las isotermas de desorción de agua para alimentos muestran la interrelación de equilibrio entre la humedad de los alimentos y la actividad del agua (a_w) a temperatura y presión constantes. En equilibrio, la actividad del agua está relacionada con la humedad relativa de la atmósfera circundante por la ecuación:

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\text{Humedad relativa (\%)}}{100}$$

Donde p es la presión de vapor del agua del material alimenticio, y P_0 es la presión de vapor del agua pura a la temperatura de equilibrio del sistema.

Las isotermas de desorción de agua son generalmente un gráfico de la cantidad de agua presente en el alimento como una función de la actividad del agua, y en muchos casos las curvas presentan forma sigmoidea. La determinación de la actividad del agua es de importancia para caracterizar el estado del agua en un alimento y su disponibilidad para intervenir en los cambios biológicos, físicos y químicos que ocurren. Sin embargo, en publicaciones especializadas como la de Iglesias y Chirife (2) no se informan datos para amaranto.

Se han propuesto varias ecuaciones para describir las isotermas de desorción de agua en alimentos, entre ellas el modelo G.A.B. (Guggenheim, Anderson, De Boer) que según Bizot (3), permite representar los valores en un rango amplio de actividad del agua hasta 0.9 como mínimo. Asimismo, permite una mejor evaluación de la cantidad de agua ligada en los sitios de adsorción primarios, que correspondería al contenido de agua en que se alcanza la mayor estabilidad del producto. Se presenta de la siguiente forma:

$$\frac{a_w}{X} = c + b (a_w) + a (a_w)^2$$

$$a = \frac{k}{X_m} \left(\frac{1}{C} - 1 \right)$$

$$b = \frac{1}{X_m} \left(1 - \frac{2}{C} \right)$$

$$c = \frac{1}{X_m C k}$$

Donde (a_w) es la actividad del agua, X es la humedad expresada como porcentaje de materia seca, k es un factor de corrección de las propiedades de las moléculas en multicapas con respecto a la masa

para me- ra y ela- por
), y de
ico de na or- is- y li- ra
r- B. te ia le ie s-

líquida, X_m es el contenido de agua correspondiente a la saturación de todos los sitios de adsorción primarios por una molécula de agua, y C es la constante de Guggenheim. Los valores de las constantes a , b , c pueden ser establecidos considerando los datos experimentales mediante la regresión cuadrática y X_m por solución del sistema de las tres ecuaciones indicadas, sin considerar la solución negativa de la ecuación de segundo grado, por su imposibilidad física.

Además, se han notificado ecuaciones polinómicas empíricas o semiempíricas para productos específicos, ya que permiten obtener un mejor ajuste de los datos, según lo indicado por Rossi y Roa (4), y por Brooker y colaboradores (5).

MATERIAL Y METODOS

Se trabajó con semillas de amaranto, denominado ataco o sangoracha (*Amaranthus hybridus*), cosechadas luego de seis meses de la siembra a una altura de 2,540 metros sobre el nivel del mar. Las pruebas se realizaron con muestras recolectadas en: junio/1986, y febrero, mayo y junio, 1987. Se determinó la humedad por triplicado, en balanza Brabender a 110°C, por el término de tres horas.

Las semillas, primero enteras y luego trituradas, se colocaron en estufa a 30°C, de donde salieron las submuestras periódicamente. Estas fueron molidas y en el material molido o harina se determinó la presión de vapor del agua por duplicado, seguido de la determinación de la humedad por triplicado, hasta valores inferiores a 10 g/100 g en base húmeda.

Las medidas de las presiones de vapor se efectuaron a 15°, 20°, 25° y 30°C, en un manómetro con aceite de baja presión de vapor de densidad 879.9 kg/m³, a base del procedimiento indicado por Toledo (6). En el recipiente para la muestra se colocaron 50 g de la harina, y luego de evacuar el sistema y conseguir el equilibrio térmico con ayuda de un baño termostático de agua con una precisión de 0.2°C, se hicieron las lecturas manométricas correspondientes. Los valores fueron expresados en pascales, previa corrección por diferencia de las temperaturas registradas en la muestra y en la sección manométrica, según lo indicado por Lewichi y colaboradores (7). En forma paralela, se hicieron las lecturas con agua destilada.

Se calcularon los valores de actividad del agua de la relación entre la presión de vapor del agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura, para cada temperatura y humedad. Los análisis de regresión parabólica y cúbica se realizaron con los programas del paquete estadístico de una calculadora HP-41 C.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 1 a 4 se exponen las isotermas de desorción establecidas en harina de semillas de amaranto a 15°, 20°, 25° y 30°C, res-

pectivamente. Los datos experimentales de diferentes muestras recolectadas en dos años consecutivos permiten, en todos los casos, definir una curva sigmoidea de forma semejante a las determinadas por Saravacos e informadas por Charm (8), con tres puntos de inflexión. Para un valor de humedad, los valores de actividad del agua son mayores conforme se incrementa la temperatura.

Con el propósito de definir los contenidos de agua en los que sería de esperar que las semillas de amaranto acusasen la mayor estabilidad —que constituye un dato de interés práctico para su aplicación en el almacenamiento— se aplicó el modelo desarrollado por Guggenheim-Anderson-Deboer, conocido como modelo G.A.B. a los datos correspondientes a cada temperatura. Los valores de los términos de este modelo según los coeficientes de las ecuaciones indicadas en las Figuras, son:

Temperatura °C	C	k	X_m (g/100 g seco)
15	5.077	0.936	11.0
20	3.944	0.912	10.6
25	5.645	0.782	8.9
30	5.588	0.716	8.2

Se establece que el contenido de agua de mayor estabilidad —que corresponde a la saturación de todos los sitios de adsorción primarios por una molécula de agua—, disminuye a medida que la temperatura aumenta. Expresado como porcentaje en base húmeda los valores correspondientes son: 15°C, 9.9; 20°C, 9.6; 25°C, 8.2; 30°C, 7.6

Se obtuvo un mejor ajuste de los datos con coeficientes de correlación más altos, al aplicar regresiones cúbicas a los valores correspondientes a cada temperatura; las ecuaciones y los coeficientes de determinación están incluidos en las Figuras. La representación gráfica de las ecuaciones se indica por una línea continua, observándose un ajuste de datos aceptable en todos los casos; esto permite pensar en su aplicación en un rango de 0.15 a 0.95 de actividad del agua para calcular el valor correspondiente de la humedad de equilibrio en semillas molidas de amaranto.

Por otro lado, Brooker *et al.* (5) presentan una recopilación de datos informados para cereales. A 25°C para un valor de 0.7 de actividad del agua corresponden los contenidos siguientes de humedad de equilibrio expresados como porcentaje en base seca: cebada 15.6, arroz en grano 16.4, arroz molido 14.7, maíz en grano 16.3, trigo 17.0; según el gráfico respectivo, en la harina de amaranto ese valor es de 18.0. Los valores citados permiten señalar que para el logro de una estabilidad equivalente a la de otros cereales, en el caso del

amaranto es posible realizar un secado más benigno.

Es necesario disponer de las isotermas para este cereal, pues se sabe que las curvas son diferentes para diversos alimentos y condiciones. En consecuencia, a humedades iguales ocurren fenómenos de deterioro distintos, según la disponibilidad del agua contenida en el alimento.

Los datos específicos de las isotermas son útiles para varias aplicaciones. En el secado los cálculos requieren el conocimiento de la humedad de equilibrio. Para la aplicación adecuada de tecnologías relacionadas con la conservación de alimentos, según Toledo (6), el disminuir la actividad del agua bajo 0.7 previene el daño microbiológico en una gran extensión, y son otras reacciones deteriorativas las que causan más daño, el empardeamiento no enzimático o la oxidación de lípidos, por ejemplo. Las isotermas expuestas en esta publicación permiten establecer los valores de actividad del agua en los que el crecimiento de microorganismos o estas reacciones serán mínimas en el caso particular de la harina de amaranto.

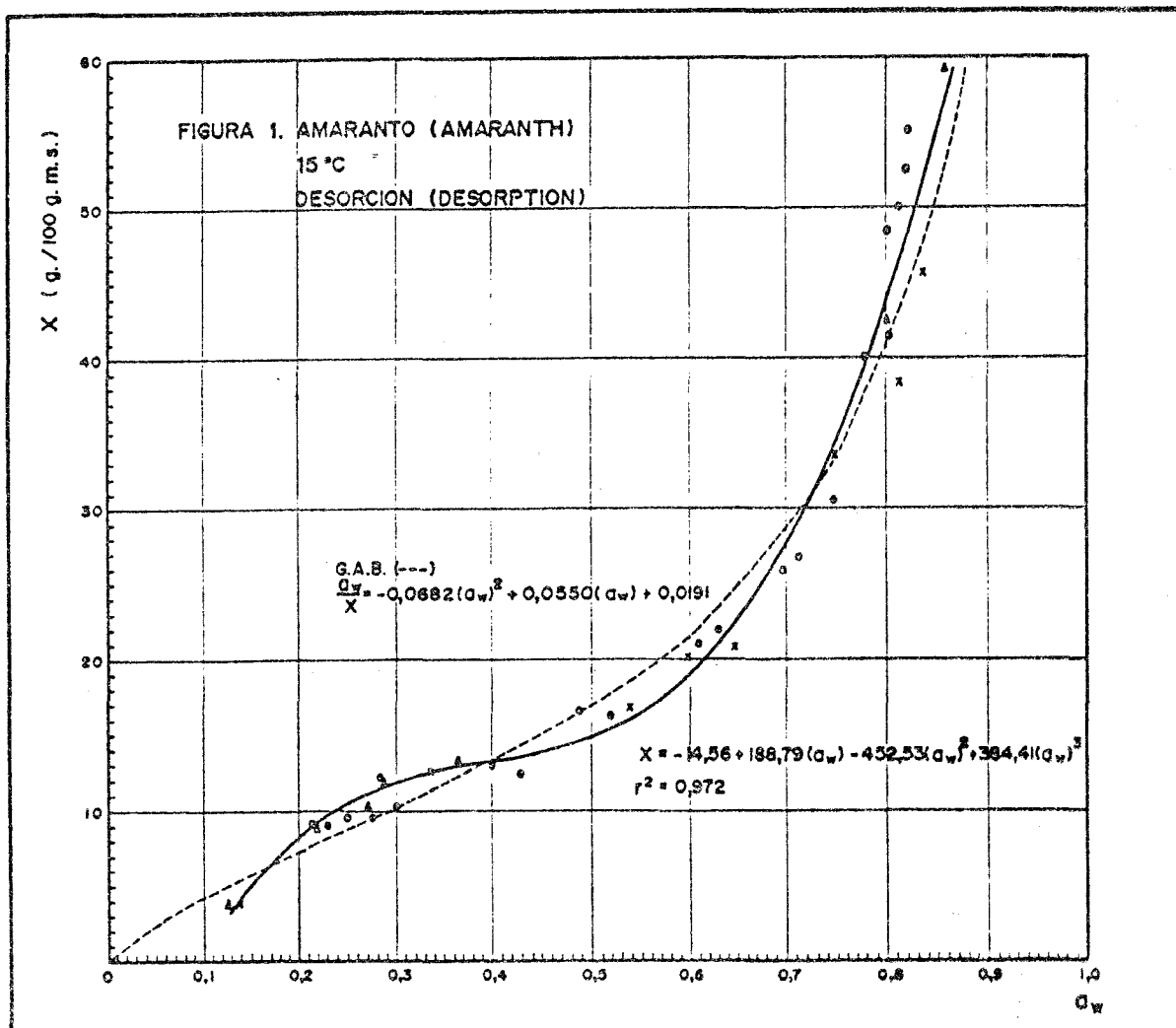


FIGURA 1

Isoterma de desorción de agua obtenida a 15°C en muestras de harina de amaranto

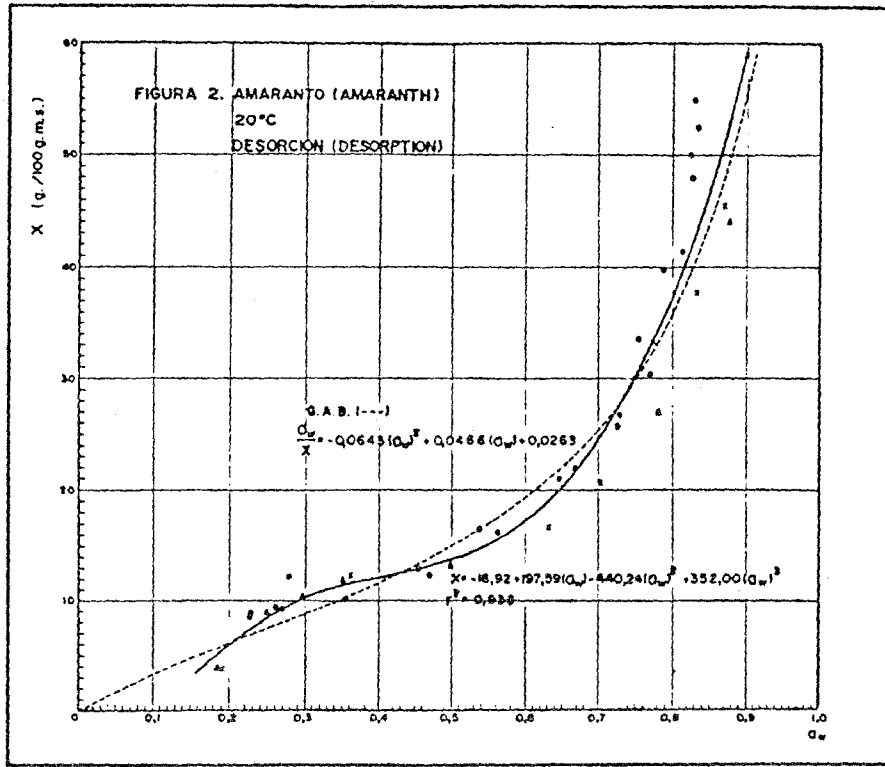


FIGURA 2

Isoterma de desorción de agua obtenida a 20°C en muestras de harina de amaranto

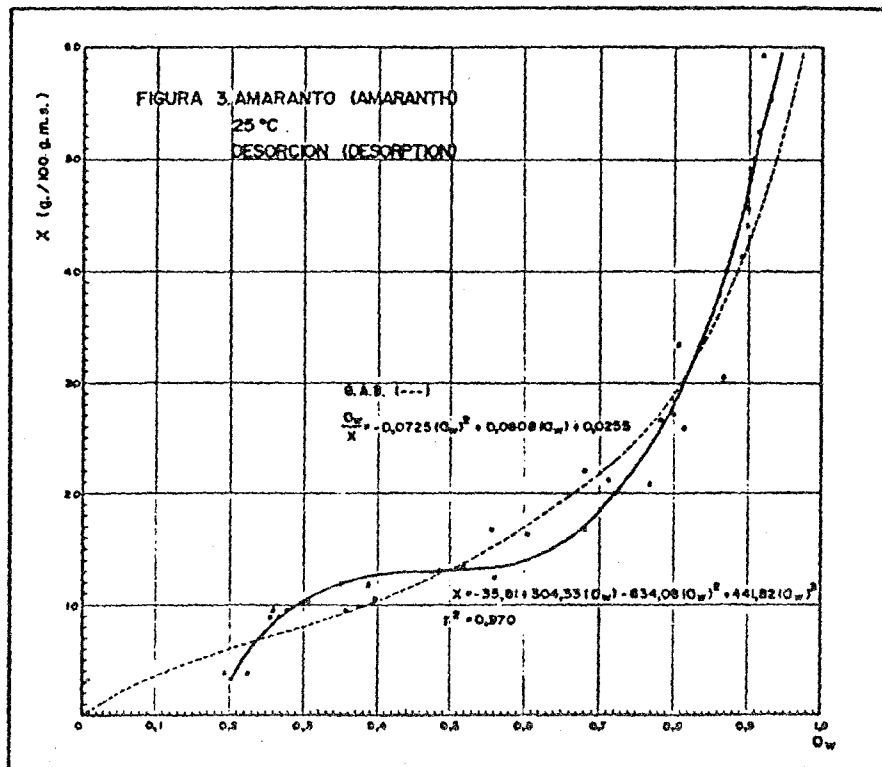


FIGURA 3

Isoterma de desorción de agua obtenida a 25°C en muestras de harina de amaranto

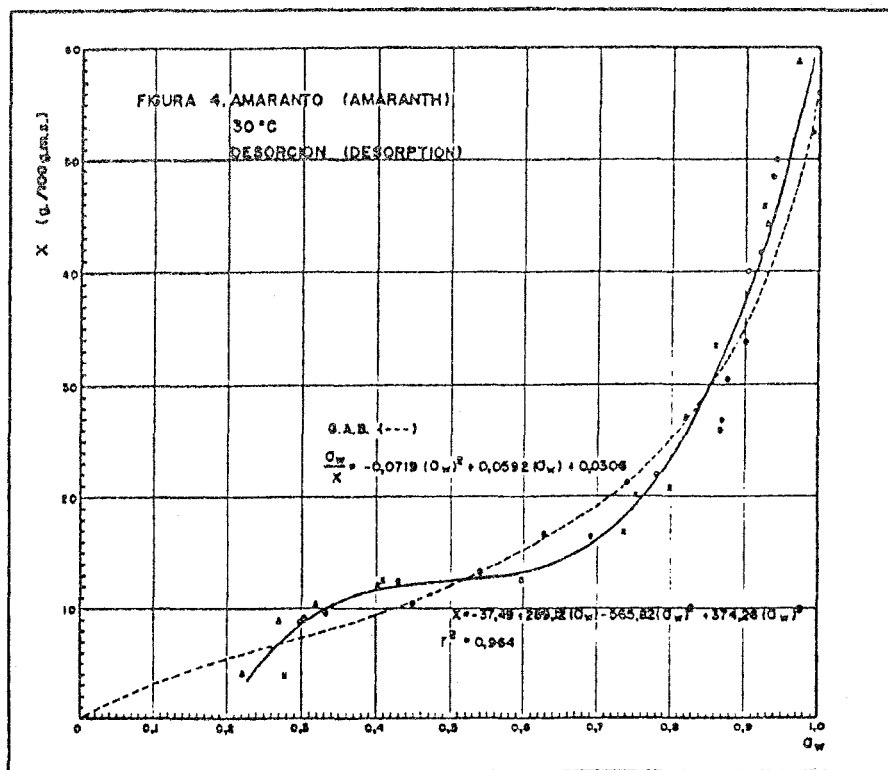


FIGURA 4

Isoterma de desorción de agua obtenida a 30°C en muestras de harina de amaranto

SUMMARY

DESORPTION ISOTHERMS IN AMARANTH FLOURS

In milled seeds amaranth (*Amaranthus hybridus*) samples locally known as "ataco or sangoracha" and harvested in two consecutive years, the vapor pressure at four temperatures (15°, 20°, 25°, 30°C) was determined in samples obtained for drying in oven at different times, within a range between 60 g water / 100 g dry matter for fresh seeds to 10 g water / 100 g dry matter or below, as measured in a Brabender equipment. Vapor pressure of distilled water was also determined for water activity calculation.

The isotherms for each temperature are presented. Application of the G.A.B. model (Guggenheim-Anderson-De Boer) allowed to establish the water content of greater stability within a range of 9.9 to 7.6 g/100 g. The third degree polynomial equations presented, adjust satisfactorily with the experimental data, and can be used to calculate equilibrium moisture content from 0.15 to 0.95 water activity values.

Water desorption isotherms of foods are important to determine the equilibrium relationship between the moisture content of foods and the water activity, information which permits to establish likely physical, chemical or biological changes. It is considered that the results obtained are useful in drying, milling or storing amaranth flour.

BIBLIOGRAFIA

1. Chirife, J.A. Survey of existing sorption data. In: **Physical Properties of Foods**. R. Jowitt, F. Escher, B. Hallstrom, H. Meffert, W. Spiess & G. Vos (Eds.) Essex, England, Applied Science Pub. Ltd., 1983, p. 55-64.
2. Iglesias, H.A. & J. Chirife. **Handbook of Food Isotherms: Water Sorption Parameters for Food and Food Components**. New York. N.Y., Academic Press, 1982, 347 p.
3. Bizot, H. Using the G.A.B. model to construct sorption isotherms. In: **Physical Properties of Foods**. R. Jowitt *et al.* (Eds.) Essex, England, Applied Science Pub. Ltd., 1983, p. 43-54.
4. Rossi, S.J. & G. Roa. **Secagem e Armazenamento de Produtos Agro pecuários com Uso de Energía Solar e Ar Natural**. Sao Paulo, Brasil, ACIESP. 22, 1980, p. 42-74.
5. Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema & C.W. Hall. **Drying Cereal Grains**. Westport, Conn., The Avi. Pub. Co. Inc., 1981, p. 69-87.
6. Toledo, R.T. **Deshidratación de Alimentos, IV Curso Avanzado de Tecnología de Alimentos**. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador, 1983.
7. Lewichi, P.P., G.C. Busk, P.L. Peterson & T.P. Labuza. Determination of factors controlling accurate measurement of a_w by a vapor pressure manometric technique. *J. Food Sci.*, 43(7): 244-246, 1978.
8. Charm, S.E. **The Fundamentals of Food Engineering** 3rd. ed. Westport, Conn., The Avi Pub. Co. Inc. 1981, p. 630-639.