

# CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO DE ARROZ MADURO, EN ESTADO DE AGREGACIÓN LÍQUIDO

Dámaso Castillo Toro ; Francisco José Romero Colomer ; Isabel Pérez Munuera ; Nathali Abrahan Ferro ; Ana Adelfa Hernández López ; Victoria Obregón Ceballos , y Michely Vega León

*Instituto de Investigaciones de Granos, MINAG. Bauta, Artemisa. Km 161/2.  
Teléfonos: (047) 37 3550 y 373260. E-mail: damaso@iiarroz.cu*

## INTRODUCCIÓN

El contenido de humedad del grano de arroz es una dimensión física que está regulada por, y en equilibrio con, la presión de vapor de agua del aire que lo circunda.

Las ideas actuales (1), respecto a la presencia del agua en el grano de arroz, y que son dominantes en las publicaciones científicas internacionales, es que sus moléculas se encuentran transitoriamente fijadas a su estructura química, a través de enlaces por puente de hidrógeno (adsorción química) (2-3), sustentado por la arquitectura polihidroxilada que tiene el almidón (4, 5), la cual es masivamente predominante en el endospermo del grano de arroz (6, 7).

Recientemente salieron a la luz algunas publicaciones(8,9 y 10) sobre los estudios hechos con el método de Microscopía Electrónica, los cuales descubren, por vez primera, la existencia abundante de microcapilares en la estructura del gránulo de almidón de diversas especies botánicas, con diámetros de dimensiones nanométricas; especialmente, el gránulo de almidón de arroz tiene una superficie específica de 1,60 m<sup>2</sup>/g de masa. Este resultado es una noticia muy nueva y de interés para caracterizar el comportamiento hidrotérmico del endospermo del grano de arroz.

La experiencia histórica de la realización de los procesos de intercambio de agua del grano de arroz demuestran, que existen fenómenos termodinámicos, como histéresis de adsorción (absorción/desadsorción), humedad de equilibrio, secado natural, y propiedades hidrofílicas, que aún no cuentan con un fundamento científico que los justifique.

El objetivo de este artículo es el de mostrar el resultado científico que avala la existencia de agua líquida, acumulada en microcapilares del gránulo de almidón del endospermo del grano de arroz, la cual se expresa corrientemente como contenido de humedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabaja con granos de 12 variedades de arroz modernas. El almidón se obtuvo de harina de arroz blanco, en una suspensión de pH 9,4 a 9,6, con agitación vigorosa por 4 horas. El producto final se seca a temperatura ambiente y se purificó con solución de metanol al 85 %.

Variedades de arroz estudiadas

Las 12 variedades de arroz que se utilizaron en este capítulo se sembraron en los suelos ferralítico cuarsítico del Instituto de Investigaciones de Granos de Artemisa.

Variedades de arroz utilizadas:

1.- Jucarito 104	5.- IACuba 18	9.- IACuba 22
2.- Perla de Cuba	6.- IACuba 19	10.- IACuba 23
3.- IACuba 14	7.- IACuba20	11.- IACuba 24
4.- IACuba 15	8.- IACuba21	12.- IACUBA 25

Todas son variedades modernas.

Los estudios de campo se realizaron en las temporadas de siembra de seca (diciembre-abril) y húmeda (mayo-agosto 15), usando 100-120 kg/ha de nitrógeno en forma de urea; 90 kg/ha de fósforo como superfosfato triple, y 90 kg/ha de potasio en forma de cloruro de potasio. El cultivo se desarrolló con riego permanente en suelo anegado a 10 cm de profundidad, hasta la floración del campo. Las actividades culturales se realizaron siguiendo a los Instructivos Técnicos del Arroz. Diseño experimental:

Diseño de Bloque al Azar con 4 repeticiones, en suelo ferralítico-cuarsítico de la sede del Instituto de Investigaciones de Granos (Artemisa).

Análisis instrumental de laboratorio:

Microscopía Electrónica de Barrido a Bajas Temperaturas (Cryo-SEM)(15).

Las muestras se sumergen en N<sub>2</sub> nieve ( $T \leq -210^{\circ}\text{C}$ ), a continuación se subliman a  $-90^{\circ}\text{C}$ , se recubren con oro y se observan en un microscopio electrónico JSM-5410 SEM (Jeol, Tokyo, Japan) a 15 kV y a  $-130^{\circ}\text{C}$

Método de Calorimetría Diferencial de Barrido.

Las muestras de almidón se mantuvieron a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ) durante dos semanas, en atmósfera saturada de agua y en otra enrarecida de agua. Se encapsularon y midieron en un DSC Mettler Toledo 823.

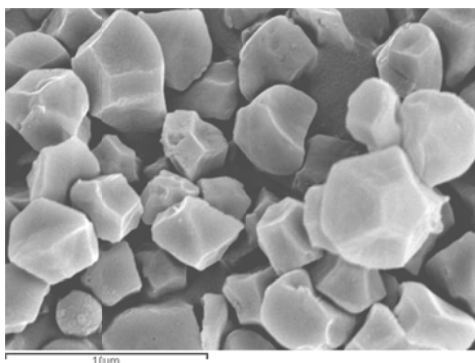
El rango de temperaturas de trabajo fue de  $-60$  hasta  $50^{\circ}\text{C}$  con una velocidad de enfriamiento de  $40^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$  y una velocidad de calentamiento  $10^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$ . La medida se realizó durante el calentamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La idea hipotética concebida para este trabajo se satisface con los resultados alcanzados y discutidos en este artículo; ésta se referida a que el contenido de humedad del grano de arroz maduro, en condiciones ambientales, es una masa de agua líquida situada el interior de los microcapilares que conforman a los gránulos de almidón constituyentes de la estructura del endospermo, cuya cuantía alcanza, en el clima de Cuba, niveles de 12.5-13,5 % (bh), y su estabilidad está gobernada por el equilibrio dinámico de intercambio de agua con el aire, impuesto por la intensidad de su humedad relativa.

Por el método de Microscopía Electrónica de Barrido, se caracterizó. la superficie de los gránulos de almidón previamente purificados, intentando localizar la existencia de huellas de microporos y el modo en que se realizan los contactos entre ellos. Se comprobó que el carácter poliédrico de esta partícula no es una forma natural o genética, sino que se forma mientras avanza la maduración del grano de arroz, al crecer en masa y crearse una fuerza de compresión intergranular en toda el cuerpo del endospermo en crecimiento dentro del ovario floral. El estudio de 11 tipos de almidones mediante esta técnica óptica confirma que las caras de los gránulos son las que dan lugar a que haya una comunicación permanente intergranular, de un extremo a otro de la masa del endospermo, a través de la existencia de los microcapilares presentes en el gránulo de almidón y que fueron descubiertos muy recientemente(9, 10,11).

En la Figura 1 se ejemplifica el conjunto de gránulos de almidón purificado de la variedad de arroz iACuba 20; las otras 11 variedades estudiadas con este propósito se diferencian en magnitud dimensionales pero no morfológicamente.



variedad IACuba 20

10µm

Figura 1. Población de gránulos de almidón del grano de la variedad de arroz IACuba 20, observada por la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido. Véase la forma poliédrica y la diferencia de dimensionales entre ellos.

El contenido de humedad del grano de arroz está regulado por la actividad del agua en el aire, como se confirma por el comportamiento de las curvas isotérmicas de la Figura 2, para las variedades estudiadas. Se cumple el principio de adsorción de molécula de agua, para el Caso II de la Teoría de Adsorción de Freundlich, típico de un sólido multiporosos o multicapilar (12). Se confirma, por igual, el comportamiento del fenómeno de la histéresis de adsorción para los almidones de arroz.

Usando estos comportamientos naturales del almidón, más la confirmación muy reciente de la de la literatura internacional, acerca de la existencia de microcapilares en el gránulo de almidón de arroz, las pruebas reiterativas realizadas con 12 tipos de almidones secos, y también saturados de agua, mediante la técnica de Calorimetría Diferencial de Barrido (Ver Figura 3), se demuestra la hipótesis planteada de que el agua presente en el grano de arroz, en equilibrio con la humedad relativa del aire, está en el estado de agregación líquida, y su presencia cuantitativa es una función de la humedad relativa del aire. Esta confirmación se alcanzó mediante la congelación con nitrógeno líquido de ambos tipos de almidón, seco y saturado de agua, al alcanzarse un pico endotérmico a la temperatura de cero grado Celsius en el termograma de la Figura 3.

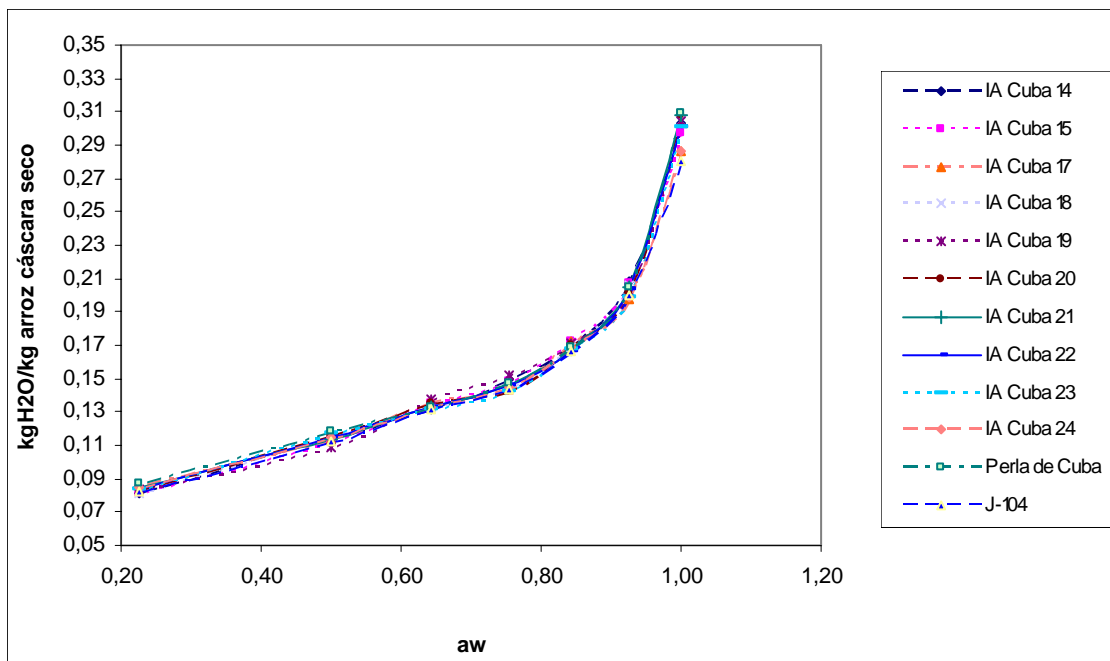
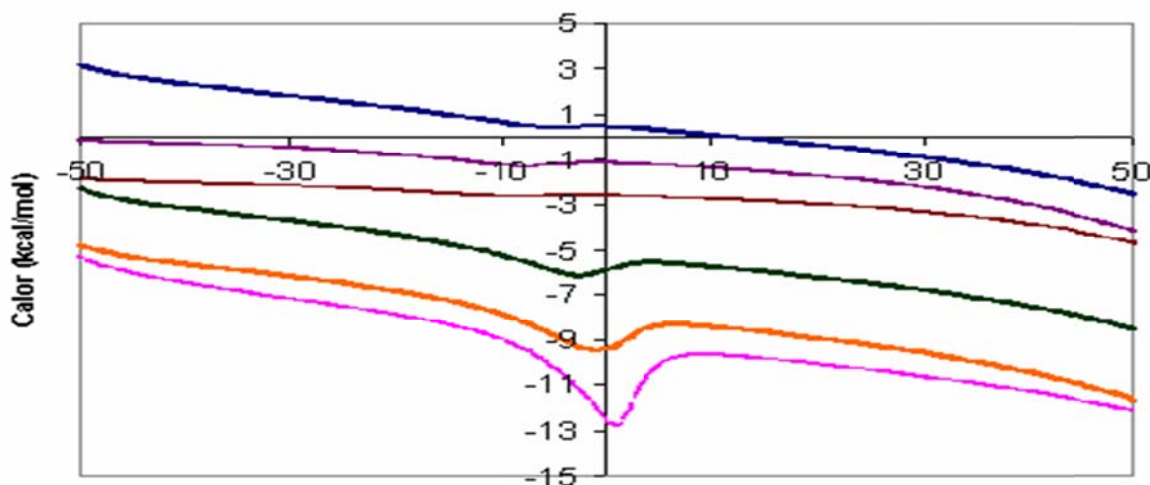


Figura 2: Curvas isotérmicas(25°C) de adsorción de agua por el grano de arroz con cáscara, de 12 variedades comerciales de arroz cubanas .



### Temperatura 0 °C

Figura 3. Curvas termográficas del Análisis Calorimétrico Diferencial de Barrido a muestras de almidones hidratadas y deshidratadas, y luego congeladas con Nitrógeno líquido, de tres variedades cubanas de arroz-véase picos endotérmicos de las 3 curvas inferiores, a 0 °C, indicando fundición de hielo.

## CONCLUSIONES

1.- El agua intercambiable del grano de arroz maduro, se encuentra en el estado de agregación líquida, adherida a las paredes de los microcapilares constitutivos del almidón del endospermo. Este contenido de agua se encuentra en equilibrio con la humedad relativa del aire, la cual limita el nivel de su cuantía.

2.- El gránulo de almidón es un cuerpo sólido multiporoso, que cumple con el Caso II del Principio de Adsorción de Gases de Freudlich, el cual ratifica también el fenómeno de la histéresis de adsorción, característico del almidón de arro

## RECOMENDACIONES

Incorporar los conceptos tratados en este trabajo, a la tecnología industrial establecida en el país para secar el grano de arroz, con el fin de hacer más racional y económico esta actividad productiva.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Juliano, B.O. 2004. Overview on Rice. Encyclopedia of Grain Science. First edition. Editores: Colin Wrigley, Harold Corke, y Charles E. Walker. Editorial Elsevier. Academic Press. New York and London. Págs. 41-85.
- 2.- Castillo, D., Hernández, A.A., Benedito, C., Duffay, I.H., y Martínez, J. 2005. Interrelación Intrínseca del Grano de Arroz: Estructura Química–Transferencia Hídrica. XVII Conferencia Internacional ICC, "Los Cereales a través de los Continentes", Valencia, España. 6-9 de Junio de 1999.
- 3.- Bello-Pérez, L.A. Méndez, M.G., y Agama, E. 2006. Almidón: definición, estructura y propiedades. Capítulo I. Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. Universidad de Sao Paulo, Brasil. Págs. 17-46.
- 4.- Bihaderis, C.G. 2009. Structural transitions and related physical properties of starch. En Starch: Chemistry and Technology. Third edition. Chapter 8. Academic Press. Págs. 293-372.
- 5.- Carreres, R. y Bretó, M.P. 2006. Mejora de la calidad del arroz. Mejora Genética de la Calidad en Plantas. Universidad Politécnica de Valencia. España. Editores: G. Llácer, M.J. Díez, J.M. Carrillo, y M.L. Badenes. Capítulo 8. Pág. 197.
- 6.- Castillo, D. 1981. El grano de arroz: características fisicoquímicas de sus almidones relacionadas con las propiedades mecánicas y de cocción. I. parte. Universidad de la Habana. Tesis para alcanzar el grado científico de doctor en ciencias químicas. Centro de Información y Divulgación Agropecuario. Minag. Vol. I.
- 7.- Castillo, D., Romero, F.J., Pérez, I., Hernández, A.A., Vega, M., y Obregón, V.M. 2012. La humedad del grano de arroz fundamentado por el equilibrio líquido(grano)-vapor (aire) del agua. Revista Cubana de Arroz, 12(1), 64-71.
- 8.- Pérez, S., Baldwin, P.M., y Gallant, D.J. 2009. Structural features of starch granules I. En Starch: Chemistry and Technology. Third edition. Academic Press, USA. Chapter 5. Págs. 149 – 192.
- 9.- Hougen, O.A., Watson, K.M., y Ragatz, R.A. 1954. Adsorption. Cap. 10. En Chemical Process Principles. Segunda edición. Parte I, Balance material y de energía. Universidad de Wisconsin, USA. Págs. 368-396.
- 10.- Castillo, D., Hernández, A. A., Duany, A., García, A., Hernández, J. D., Galano, R. 2009. **Dinámica del agua en la formación del grano de arroz**. Rev. Cubana del Arroz, 7(1), 1-8.