

## ***EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE SORGO PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN***

### ***EVALUATION OF TWO VARIETIES OF SORGHUM FOR STARCH EXTRACTION***

*Leyanis Rodríguez Rodríguez<sup>1\*</sup>, Irenia Gallardo Aguilar<sup>1</sup>, Claudia Nieblas Morfa<sup>1</sup>  
y William Ortiz Fernández<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas; Carretera a Camajuaní Km 5 ½ Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup> Empresa Glucosa, Zona industrial #2, Reparto Pueblo Griffó, Cienfuegos, Cuba.

Recibido: Julio 30, 2014; Revisado: Octubre 30, 2014; Aceptado: Noviembre 21, 2014

#### **RESUMEN**

En Cuba el proceso de molienda húmeda para la extracción de almidón se realiza a partir del maíz, cereal que es importado actualmente, por lo que se requiere sustituir por otro grano de producción nacional como es el caso del sorgo. Teniendo en cuenta las similitudes de ambos cereales en cuanto a su contenido de almidón y considerando las potencialidades del sorgo para la industria alimenticia, en el presente trabajo se desarrolla una evaluación del proceso teniendo en cuenta dos variedades de sorgo: rojo (CIAPR-132) y blanco (UDG-110). En este sentido se realiza un diseño factorial del tipo  $2^{k-1}$ , donde se consideran las variables independientes de mayor influencia en el proceso a nivel de laboratorio que son: (x1) tipo de sorgo, (x2) tiempo de remojo y (x3) concentración de la solución. Se considera que no hay interacciones entre ellas y se toma como variable respuesta el rendimiento de almidón en el proceso de extracción. Se concluye que el tipo de sorgo y el tiempo de remojo son las variables de mayor influencia, obteniéndose los mejores resultados para el sorgo blanco sometido durante 48 horas al remojo en una solución de  $SO_2$  a una concentración de 1800 ppm.

**Palabras clave:** almidón, sorgo, rendimiento.

## ABSTRACT

In Cuba, the wet milling process for the extraction of starch is made from corn, cereal which is currently imported, that is why it is required to substitute it for another grain of national production as it is the case of sorghum. Given the similarities of the two grains in their starch content and considering the potential of sorghum for the food industry, it is developed in this work an assessment process, taking into account two sorghum varieties: red (CIAPR-132) and white (UDG-110). In this sense, a factorial design of the type  $2^{k-1}$  is made, where the independent variables of most influence in the laboratory process are considered, such as: (x1) type of sorghum, (x2) soaking time and (x3) solution concentration. It is considered that there is no interaction between them and it is taken as the response variable the starch yield in the extraction process. We conclude that the type of sorghum and soaking time are the most influential variables, obtaining the best results for white sorghum subjected for 48 hours to soak in a solution of  $SO_2$  at a concentration of 1800 ppm.

**Key words:** starch, sorghum, yield.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) constituye el quinto cereal más importante en el mundo después del trigo, maíz, arroz y cebada. Este cereal contiene muchas propiedades beneficiosas, y se ha demostrado, que su cultivo es económicamente rentable, basado en su bajo costo de producción, resistencia a la sequía y altas temperaturas dada sus características de rusticidad, y la realización de varias cosechas o cortes, además de no contener el gluten que afecta a los enfermos celíacos, por lo que constituye una alternativa excelente en la sustitución de importaciones.

Actualmente existe un gran interés en la utilización del sorgo como fuente de energía en la elaboración de alimentos para el consumo humano sustituyendo al maíz en la elaboración de alimentos concentrados (Valencia y Rooney, 2009). Además, su composición química es prácticamente idéntica a la del maíz, por lo que puede ser usado en su lugar para producir harinas, tortillas, almidón, jarabes y bebidas alcohólicas. Sin embargo presenta las desventajas de poseer un endospermo periférico que actúa como una barrera contra la penetración de la solución de remojo, una matriz proteica más dura y entrecruzada que rodea los gránulos del almidón, bajando los rendimientos y calidad del mismo (Rooney y Serna 2000), así como la recuperación del almidón durante la molienda húmeda (Serna, 1998). En términos generales se dice que el sorgo rinde aproximadamente 10% menos de almidón que el maíz suave dentado.

El almidón es el principal carbohidrato de la dieta y por tanto la mayor fuente de energía del hombre y los animales. Los almidones están constituidos principalmente por amilosa y amilopectina en proporciones que van desde almidón normal (18-30% de amilosa) hasta almidón con alto contenido de amilosa (alrededor de 70%) (Hernández-Urbe et al., 2004). La influencia de la amilopectina es importante, ya que cuanto mayor es el contenido de este constituyente el producto resulta más adhesivo, característica que se aprovecha extensamente como agente espesante, estabilizante y adhesivo tanto en la industria alimentaria como en otras industrias (Yufera, 1998).

En la Empresa Glucosa de Cienfuegos el proceso de producción de almidón se basa en la molienda húmeda del maíz, la cual consiste simplemente en moler el grano empapado de agua, para separar los componentes mayores del grano tan completamente como sea posible. Para llevar a cabo dicho proceso es necesario tener en cuenta las siguientes etapas: maceración, molienda, separación del germen, separación de fibras, separación de almidón-proteína y secado del almidón (Yordi, 2007).

La maceración se realiza remojando con solución de  $SO_2$  a concentraciones de 1500-1800 ppm (Yordi, 2007), con el objetivo de penetrar al grano de maíz y desagregar las moléculas de las proteínas, convirtiendo una parte de ellas de insolubles a solubles, además de cambiar las propiedades mecánicas del grano al debilitarse sus enlaces y variar la estructura del endospermo. Durante la operación la temperatura se mantiene de 48-51°C (Serna, 2002); pues si se alcanza una temperatura superior a los 55°C, el maíz se gelatiniza, dificultándose posteriormente el secado del almidón. El tiempo óptimo de remojo varía de 48 a 60 horas en dependencia del tipo de maíz y una vez concluida dicha operación se puede observar el hinchamiento de los granos, el cambio de la humedad y la variación en su composición química.

Posterior a la maceración se procede a la molienda húmeda, cuyo principio fundamental consiste en rasgar y partir el grano para de esta forma liberar el germen y facilitar la separación de los demás constituyentes. Luego se procede a la separación de la fracción fibra-germen del endospermo mediante operaciones de lavado con agua a contracorriente.

Seguidamente se realiza la separación del almidón-gluten en una centrífuga, basándose en la diferencia de sus densidades y por último se procede al secado del almidón, alcanzándose una humedad final de 11-13% según lo establecido por las normas de calidad.

En este trabajo se efectúa la extracción de almidón a escala de laboratorio, evaluando la incidencia de las variables independientes de mayor influencia en dicho proceso.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***2.1. Diseño experimental para el proceso de extracción de almidón.***

Para el desarrollo experimental se utilizaron dos variedades de sorgo, blanco (UDG-110) y rojo (CIAPR-132), ambos del tipo granífero; siendo el primero de color beige, con un porte medio de 1,20 m superior al del rojo, cuyo porte es bajo y sus valores varían de 0,9-1,0 m. El ciclo de cultivo al igual que el rendimiento por hectáreas es superior para el UDG-110 que para el CIAPR-132, siendo los valores del primero de 100 a 120 días y 3,0 ton/ha y del último de 90 a 100 días y de 2,0 a 3,0 ton/ha respectivamente; no sucediendo así con los valores de densidad de plantas por hectáreas, estando para el sorgo rojo en rangos de 180 a 200 y para el blanco de 150 a 160. El UDG-110 ha sido empleado en la alimentación animal y humana y se ha utilizado como sustituto de harina de trigo en extensor cárnico, elaboración de cerveza, pan, repostería, pastas alimenticias y alimento para niños celiacos; mientras que los propósitos del CIAPR-132 se basan en la alimentación animal, siendo factible su cosecha manual, con una alta capacidad de rebrotes y emisión de vástagos por plantón, no reportándose para este último su consumo en la alimentación humana.

Se llevó a cabo un diseño del tipo  $2^{k-1}$  con réplica. Las variables independientes y sus niveles, así como la matriz experimental se muestran en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Las variables y los niveles correspondientes que aparecen en la tabla 1 se seleccionan según lo reportado en (Saldívar, 2002); basándose en cómo se realiza el proceso a partir del maíz tomado como referencia, siendo dichas variables las de mayor incidencia durante la operación de remojo. En este sentido se utiliza el tipo de sorgo como variable independiente para comparar los rendimientos de las dos variedades utilizadas. Con respecto al tiempo de remojo se establece un rango de 24-48 h, coincidiendo el mayor tiempo con el óptimo mínimo utilizado para el maíz (Saldívar, 2002). Los intervalos para la concentración de  $SO_2$  se estiman sobre la base de lo reportado para el almidón de maíz.

**Tabla 1.** Variables y niveles en el proceso de extracción de almidones

<i>Variables</i>	<i>Niveles</i>
Tipo de sorgo (x1)	rojo-banco
Tiempo de remojo (x2)	24-48 h
Concentración de la solución (x3)	1500-1800 ppm

**Tabla 2.** Matriz del diseño experimental

<i>Experimentos</i>	<i>Tipo de Sorgo</i>	<i>Tiempo de Remojo</i>	<i>Concentración De Solución</i>
1	1	1	1
2	-1	1	-1
3	1	-1	-1
4	-1	-1	1
5	1	1	1
6	-1	1	-1
7	1	-1	-1
8	-1	-1	1

## 2.2. Descripción del proceso a escala de laboratorio.

Para llevar a cabo el proceso de obtención de almidones a escala de laboratorio se tuvieron en cuenta las mismas etapas del proceso llevado a cabo en la Empresa Glucosa de Cienfuegos.

La etapa de maceración se realizó en un baño María, remojando ambas variedades de sorgo con soluciones de  $SO_2$  a las concentraciones establecidas de 1500 a 1800 ppm. Posterior a la maceración se realiza la molienda húmeda y luego se procede a la separación de la fracción fibra-germen del endospermo mediante la filtración de la suspensión, para lo que se utiliza una malla, cayendo el filtrado en un beaker de 1L de capacidad. El germen y la fibra quedan retenidos en la malla, y la lechada que contiene: almidón y gluten pasa por los orificios de la misma.

La separación del almidón-gluten se basa en la diferencia de sus densidades (1,6 g/ml y 1,06 g/ml respectivamente), consiguiéndose la sedimentación del almidón en un beaker.

Posterior a la separación del almidón-gluten se procede al secado del almidón, el cual se realiza en una estufa a temperatura de 50°C durante 24 h, hasta alcanzar finalmente la humedad requerida que es de 11-13%.

### **2.3. Determinación de las variables respuestas.**

En este caso las variables respuestas a determinar fueron: rendimiento de la extracción, y pH, también se determina la humedad como una medida de la calidad final.

#### **2.3.1. Determinación del % de rendimiento**

En la determinación del rendimiento, se tienen en cuenta tanto el peso inicial del sorgo, como el peso final del almidón.

#### **2.3.2. Determinación del pH**

Para la determinación del pH se diluyen 20g de muestra en 100ml de agua destilada, se agita durante 5 minutos y luego se determina el pH utilizando un pHmetro. Dicho valor debe estar en un rango de 5 a 7.

#### **2.3.3. Determinación del contenido de humedad**

La humedad se realiza en un determinador rápido, pesando de 3 a 4 g de la muestra. Dicho valor debe estar en un rango de 11-13%.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Resultados del proceso.**

En la tabla 3 se muestran los resultados del proceso desarrollado a escala de laboratorio, donde aparecen cada una de las variables independientes y su influencia sobre las variables respuestas.

**Tabla 3.** Resultados de la extracción de almidón

<i>Exp.</i>	<i>Tipo de Sorgo</i>	<i>Tiempo de Remojo (h)</i>	<i>Concentrac. de Sln (ppm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>	<i>Hdad (%)</i>	<i>pH</i>
1	Blanco	48	1800	70,84	12,75	6,08
2	Rojo	48	1500	40,31	10,45	5,85
3	Blanco	24	1500	46,1	11,48	5,91
4	Rojo	24	1800	38,03	9,58	6,02
5	Blanco	48	1800	79,66	12,22	5,74
6	Rojo	48	1500	52,04	12,84	6,1
7	Blanco	24	1500	46,1	11,48	5,91
8	Rojo	24	1800	24,4	14,16	6,1

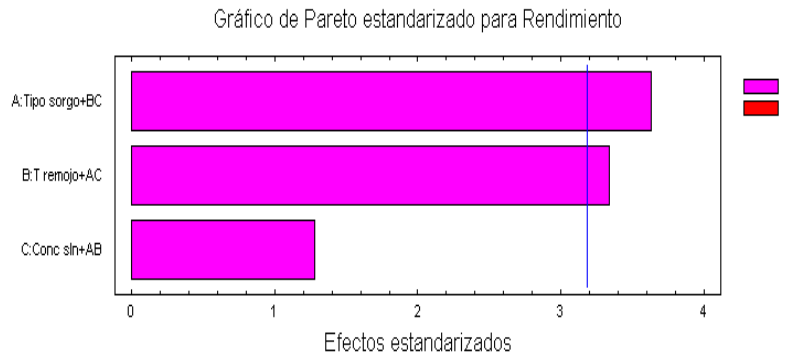
### **3.2. Influencia de las variables independientes en las variables respuestas:**

Los resultados obtenidos en la tabla 3 se procesan utilizando el Software *Statgraphics Plus 4.1*, donde se puede evidenciar la influencia de las distintas variables sobre el rendimiento del proceso.

Del análisis de regresión múltiple se obtuvo el siguiente modelo con un valor de  $R^2 = 91\%$ :

$$Rend = 49,1962 + 10,5388 x_2 + 11,4787 x_1 + 4,03625 x_3 \quad (1)$$

Se aprecia en el modelo estadístico y en el diagrama de Pareto (Figura 1) que el tipo de sorgo es la variable de mayor influencia en el rendimiento, siendo el sorgo blanco UDG-110 la variedad que brinda los mejores resultados. De forma similar se comporta el tiempo de remojo; sin embargo, se evidencia el efecto poco significativo de la concentración de la solución  $SO_2$ .

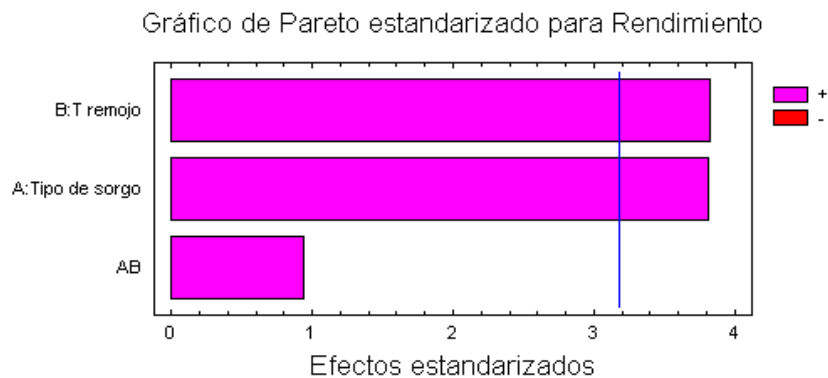


**Figura 1.** Gráfico de Pareto para las 3 variables

Se procede a realizar el análisis sin considerar la concentración de la solución por su poca influencia, el modelo quedaría de la siguiente forma:

$$Rend = 45,5825 + 9,925 x_2 + 9,8875 x_1 \quad (2)$$

El diagrama de Pareto (Figura 2) al igual que el modelo da una ligera diferencia entre los coeficientes de la variable tiempo de remojo ( $X_2$ ) sobre la variable tipo de sorgo ( $X_1$ ).



**Figura 2.** Gráfico de Pareto para 2 variables

A pesar de que en este último análisis la influencia del tiempo de remojo es mayor que la del tipo de sorgo en el rendimiento, los coeficientes son muy cercanos en su valor, por lo que no se puede asegurar cual es la variable con más influencia en el proceso de extracción de almidones a partir del sorgo, no obstante por los valores del rendimiento

tan diferentes que se aprecian entre el experimento 1 y su réplica, con los demás, se puede decir que el sorgo blanco reporta mejores resultados para estas producciones. Sin embargo no se puede por los pocos experimentos realizados dar una conclusión definitiva; pues no se trabajó con la combinación de mayor tiempo de remojo y menor concentración para el sorgo blanco y mayor tiempo y mayor concentración para el sorgo rojo, por lo que hay que continuar este estudio.

Los valores de *pH* determinados se encuentran en los rangos establecidos para este tipo de producto, oscilando dichos resultados en rangos de 5 a 7, y no se aprecia una influencia significativa por parte de ninguna de las variables independientes sobre esta variable respuesta.

En cuanto a la *humedad* hay tres experimentos cuyos resultados no están dentro de los rangos establecidos, estos son los experimentos 2, 4 y 8, pero dichos resultados fueron producto a que el tiempo de secado en la estufa no fue el más adecuado, siendo para los dos primeros experimentos mayor que el requerido, mientras que en el último fue insuficiente.

#### 4. CONCLUSIONES

1. En los modelos estadísticos obtenidos demuestran que el tipo de sorgo es la variable de mayor influencia en el rendimiento, siendo el sorgo blanco UDG-110 la variedad que brinda los mejores resultados. De forma similar se comporta el tiempo de remojo; sin embargo, se evidencia el efecto poco significativo de la concentración de la solución de SO<sub>2</sub>.
2. Las variables tipo de sorgo, tiempo de remojo y concentración de la solución de SO<sub>2</sub> no influyen significativamente en el pH ni en la humedad del almidón, dependiendo esta última fundamentalmente del tiempo de secado y no del producto.

#### RECOMENDACIONES

- Ampliar el diseño experimental para definir cuáles de las variables tipo de sorgo o tiempo de remojo tienen mayor influencia en el rendimiento y definir la combinación óptima de las mismas con vista al escalado del proceso.

#### REFERENCIAS

- Hernández-Urbe, J.O., Pérez-Román, G., Méndez-Montealvo, G., Bello-Pérez, L.A. y Solorza-Feria, J. Thermal and viscoelastic properties of starch isolated from Mexican corn hybrids., *Acta Científica Venezolana*, Vol. 55, No. 3, 2004, pp. 276-287.
- Rooney, L.W., y Serna Saldívar, S.O., *Sorghum.*, Capítulo 5 en: *Handbook of Cereal Science and Technology*, K.Kulp and J.Ponte (eds.), Second Edition. Marcel Dekker, Inc. New York, NY., 2000, pp 149-175.
- Serna, S.S., *Refinación de almidón y producción de jarabes glucosados en un sistema continuo a partir de diferentes sorgos y maíz.*, ITESM, Monterrey, N.L., México, 1998.

- Serna, S.S., Avances Recientes en la Utilización del Sorgo en América Latina. La Calera. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2002, pp. 33-39.
- Valencia, R.C. y Rooney, W.B.L., Control Genético del Color del Grano de Sorgo., Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), El Salvador, 2009.
- Yordi, E. G., Almidón de los cereales nativos y modificados., 2007.
- Yufera, P., Tecnología de los productos alimenticios., Editorial síntesis 2da Ed. España, 1998.