ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 15, 2011. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

SECADO DE ALMIDÓN DE MANDIOCA A ESCALA LABORATORIO

L. Restrepo Sáenz[1], A. Busso[2], N. Sogari[3], S. Sgroppo[4]
Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura (FaCENA) - Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)
Avenida Libertad 5460 C.P. 3400 – Corrientes - Argentina
Tel. (54) - 3783 - 473931 e-mail: liresaco@hotmail.com

RESUMEN: Con el fin de analizar el funcionamiento de un secadero solar por convección de aire caliente y la calidad del producto obtenido, se realizaron ensayos de secado de almidón de mandioca en una estufa de laboratorio en la cual se midió la temperatura de secado, el flujo de aire y la variación del peso del producto a través del tiempo para así obtener las curvas de secado. Adicionalmente se hicieron análisis de contenido de cenizas, pH y contenido de ácido cianhídrico al producto obtenido y a tres muestras de almidón comercial con lo cual se concluye que las condiciones de proceso tenidas en cuenta no afectan los parámetros fisicoquímicos medidos.

Palabras clave: curvas de secado, secadero solar, humedad.

INTRODUCCIÓN

En el año 2009 el Grupo de Energías Renovables (GER) de la Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura (FaCENA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) instaló un secadero por convección de aire caliente en la zona rural del Departamento de General Paz en la provincia de Corrientes, en el marco del Programa Voluntariado (Sogari et al, 2009). Este secadero ha sido utilizado por pequeños productores de almidón de mandioca mejorando el tiempo de secado y la calidad del producto. Sin embargo, no se han realizado análisis fisicoquímicos del almidón producido. Es por esto que en este trabajo se muestran los resultados de los análisis de contenido de cenizas, pH y presencia de ácido cianhídrico realizados a almidón de mandioca secado en una estufa de laboratorio que simula las condiciones del secadero instalado y los resultados de tres almidones que se comercializan en el mercado de la ciudad. Así mismo se muestran las curvas de secado obtenidas al variar la temperatura de la cámara y la densidad de carga.

De acuerdo al Código Alimentario Argentino (CAA) en el artículo 674 se define que el almidón de mandioca debe tener las siguientes características:

Humedad a 100°-105° C,	Máximo: 15%
Cenizas a 500°-550° C,	Máximo: 0.5%
Nitrógeno total (en N),	Máximo: 0.15%
Grasas,	Máximo: 0.15%
Celulosa,	Máximo: 0.30%
Acidez (en ml.sol. 0,1 N),	Máximo: 5.00%
Anhídrido sulfuroso total,	Máximo: 80 mg/kg (80 ppm)
Arsénico (como As),	Máximo: 3 mg/kg (3 ppm)
Plomo (como Pb),	Máximo: 5 mg/kg (5 ppm)
Metales pesados, como Pb,	Máximo: 40 mg/kg (40 ppm)
Ácido cianhídrico,	Ausente

En el laboratorio de Tecnología Química y Bromatología de la FaCENA – UNNE se efectuaron al almidón seco, las mediciones del contenido de cenizas, las cuales indican el total de materia inorgánica presente en la muestra y es de importancia para evaluar la pureza del producto (Rivier, 2001), el pH, el cual es un parámetro que puede indicar el grado de alteración del producto (fermentación) y el ácido cianhídrico que es un compuesto presente en las capas externas de las raíces de mandioca el cual es tóxico para el organismo (FAO, 2009).

METODOLOGÍA

Se elaboró almidón en el laboratorio siguiendo el procedimiento que se muestra en la figura 1 y tomando como ejemplo la manera tradicional en que lo elaboran los productores de la zona.

El almidón obtenido se sometió a secado en la estufa diseñada y construida en el laboratorio experimental del GER, la cual consta de un caloventor conectado a una cámara recubierta con poliestireno expandido para aminorar las pérdidas térmicas, en la que se ubicó un trípode que se encuentra encima de una balanza y sobre el cual se coloca la bandeja con producto para secar (Figura 2).

[1] Becaria UNNE
[2] Director GER
[3] Codirectora GER
[4] Directora Laboratorio de Tecnología Química

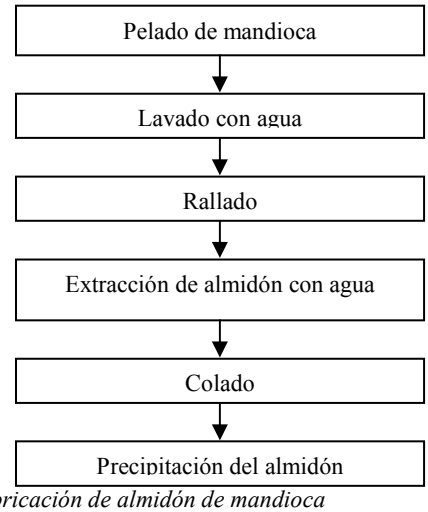

Figura 1: Diagrama de proceso de la fabricación de almidón de mandioca

Figura 2: Estufa de laboratorio utilizada

La estufa se adecuó con sensores de temperatura LM 35 en la entrada y la salida de aire y en la parte superior del producto a secar y, sensores de humedad HIH 4000 para el aire al ingreso y a la salida de la estufa los cuales están conectados a un adquisidor de datos Adam 4018m con conexión a PC para la recopilación de datos en el software AMAD, en el cuál se almacenan los datos y quedan disponibles para su posterior análisis. Adicionalmente, se ubicó un anemómetro tipo turbina a la salida de la estufa, con el fin de medir la velocidad del aire adentro del equipo, el cual tiene salida en pantalla, un variador de velocidad y otro de temperatura del aire que ingresa.

ENSAYOS VARIANDO TEMPERATURA:

En la tabla 1 se muestran los ensayos realizados con flujo de aire de secado de 61.4 kg/h, con densidad de carga constante y variando la temperatura cerca al producto (40º C, 50º C y 60º C)

Ensayos	**Temperatura (º C)**
Con un flujo de aire de 61.4 ± 0.004 kg/h Densidad de carga de 5.6 ± 3.3 kg/m^2	40.0 ± 0.5 50.0 ± 0.5 60.0 ± 0.5

Tabla 1: Ensayos variando temperatura

ENSAYOS VARIANDO DENSIDAD DE CARGA:

Con el mismo flujo de aire y una temperatura promedio de 60º C se realizaron ensayos variando la densidad de carga (tabla 2)

Ensayos	Densidad de carga (kg/m^2)
Con un flujo de aire de 61.4 ± 0.004 kg/h Temperatura de 60.0 ± 0.5º C	5.5 ± 3.3 8.9 ± 3.2 11.4 ± 3.2

Tabla 2: Ensayos variando densidad de carga

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO HÚMEDO Y SECO:

Se hicieron análisis de contenido de cenizas, contenido de almidón, acidez, pH y contenido de ácido cianhídrico para muestras de producto húmedo y muestras de producto después del secado. El almidón seco se molió y se tamizó con el fin de homogenizar el tamaño de partículas. Se trabajó con producto con un tamaño de partícula del rango de 62 a 210 micrones.

Las muestras de almidón húmedo (antes de ser sometidas al secado) fueron almacenadas en frascos de plástico con tapa, en el congelador a temperatura de -10º C durante no más de una semana. Al momento de analizarlas se llevaron a temperatura ambiente mediante el contacto con agua a temperatura ambiente.

RESULTADOS

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE ALMIDÓN COMERCIAL:

Se realizaron análisis a tres almidones de mandioca que se comercializan en mercados de la ciudad con el fin de evaluar los parámetros definidos y tener un punto de partida para la comparación del almidón producido.

Los resultados fueron:

Análisis	Comercial 1	Comercial 2	Comercial 3	Especificaciones
% Humedad en base seca	13.3	12.5	12.5	Máx 15% (CAA)
pH Seco	4.37	5.66	6.36	5.0 y 7.0
Ácido cianhídrico Seco	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
% Cenizas b.s Seco	0.25%	0.18%	0.21%	Máx 0.5% (CAA)

Tabla 3: Resultado de análisis fisicoquímicos de almidón comercial

De la tabla anterior surge que los tres almidones comerciales analizados cumplen con las especificaciones establecidas en el CAA y en la bibliografía (Rivier, 2001)

ENSAYOS DE SECADO:

Ensayos con flujo de aire de 61.4 ± 0.004 kg/h variando la temperatura del producto:

En las figuras 3 y 4 se muestran las curvas de secado (Maldonado et al, 2003) y el gráfico de la velocidad de secado con respecto al tiempo (Sodha, 2000) de los tres ensayos realizados:

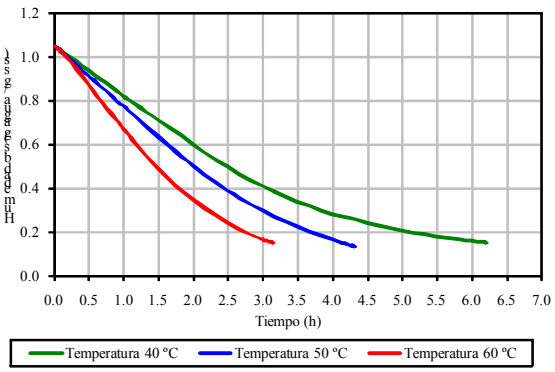

Figura 3: Curvas de secado a tres temperaturas diferentes con flujo de aire de de 61.4 kg/h y densidad de carga de 5.6 kg/m²

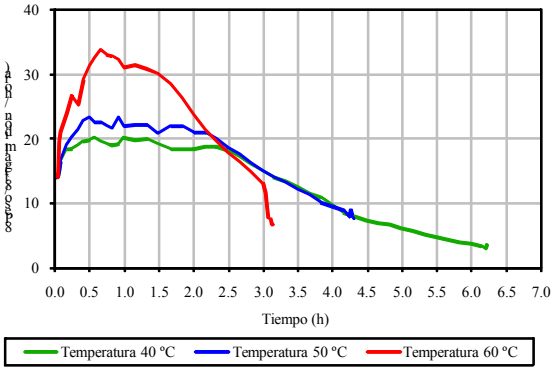

Figura 4: Curvas de velocidad de secado a tres temperaturas diferentes con flujo de aire de 61.4 kg/h y densidad de carga de 5.6 kg/m2

En las curvas de secado al variar las temperaturas de secado sólo se observa variación en el tiempo de secado mientras que en la gráfica de velocidad si se observa que el ensayo realizado a 60º C tiene una velocidad máxima mucho mayor (10g $_{almidón}$/h) que las de los otros dos ensayos.

Ensayos con flujo de aire de 61.4 ± 0.004 kg/h variando la densidad de carga:

Se trabajó con temperatura de 60º C cerca del producto.

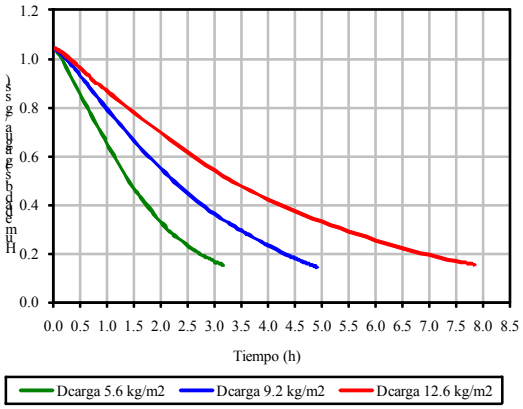

Figura 5: Curvas de secado con tres densidades de carga diferentes con flujo de aire de 61.4 kg/h y 60º C

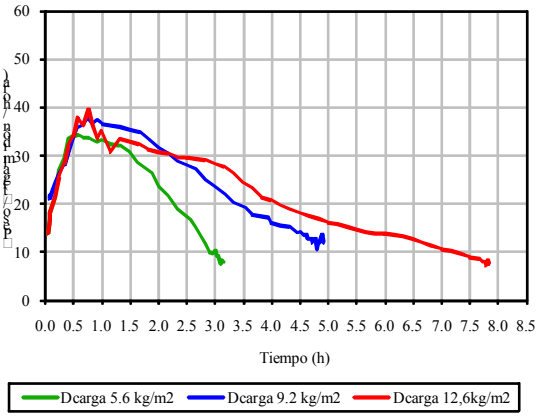

Figura 6: Curvas de velocidad de secado con tres densidades de carga diferentes con flujo de aire de 61.4 kg/h y 60º C

Igualmente que en los ensayos en que se varió la temperatura, no se observa una variación importante en las curvas de secado, sin embargo, en la gráfica 6 se puede observar que la velocidad de secado del ensayo con menor densidad de carga (5,6 kg/m²) disminuye más rápido que en los otros dos, mientras que no se observa una diferencia significativa entre las velocidades máximas que se alcanzan en los tres ensayos.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO:

Cenizas:

Estos análisis se realizaron en la etapa inicial del proyecto con el fin de verificar que no hay variación entre las muestras húmedas y secas, por esta razón se muestra el promedio de las muestras analizadas. Como error de la medición se utilizó el error de la balanza analítica utilizada que es ± 0.0001

Contenido de cenizas almidón húmedo: 0.20%
Contenido de cenizas almidón seco: 0.24%

Contenido de ácido cianhídrico:

El análisis realizado determinó cualitativamente la presencia de ácido cianhídrico en las muestras.

Contenido de ácido cianhídrico almidón húmedo: Presencia
Contenido de ácido cianhídrico almidón seco: Ausencia

pH:

Se midió el pH de las muestras antes y después de someterlas al proceso de secado. En la figura 7 se muestran los resultados obtenidos, teniendo en cuenta el error del instrumento.

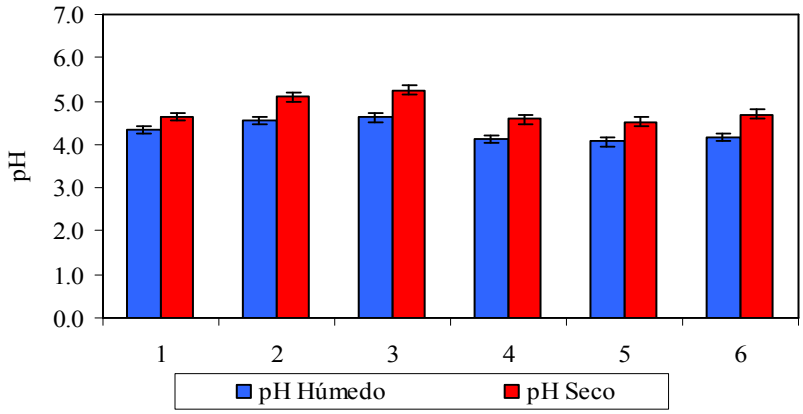

Figura 7: Resultados de pH del almidón húmedo y seco

Se puede observar que el pH del producto terminado varía respecto al pH inicial del almidón húmedo y no respecto a las variables del proceso. Se debe tener presente que el pH inicial puede variar según el método de obtención del almidón para el cuál se recomienda hacer un estudio posterior.

CONCLUSIONES

Como es esperable, la variación de la temperatura cerca del producto afecta el tiempo de secado del almidón de mandioca haciéndolo mayor al disminuir la temperatura, mientras que la velocidad máxima de secado es directamente proporcional a la temperatura, es decir, aumenta a medida que se aumenta la temperatura. Sin embargo, al aumentar la densidad de carga inicial el tiempo total de secado aumenta y no existe una variación significativa en las velocidades máximas de secado. Con esto se concluye que la velocidad máxima de secado no es una variable que define el tiempo total de secado y que está afectada por la temperatura y por la superficie que tiene contacto directo con el aire de secado ya que se está realizando una transferencia tanto de calor como de materia.

El valor final promedio de humedad alcanzado por el producto fue de 15 %b.s, con un contenido de cenizas promedio de 0.24%, pH de 5.16 y ausencia de ácido cianhídrico, con lo que se concluye que el almidón producido en el laboratorio tiene valores similares a lo informado por otros autores y se encuentra dentro de los límites establecidos en el CAA.

La variación de la temperatura de secado y la densidad de carga no afectan las características fisicoquímicas analizadas en el almidón de mandioca secado en la estufa de laboratorio.

REFERENCIAS

Boletín de servicios agrícolas de la FAO (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca.

Código Alimentario Argentino (2010)

Maldonado, R. J., Pacheco-Delahaye, E. (2003). Curvas de deshidratación del brócoli (*Brassica oleraceae* L var. *Italica Plenk*) y coliflor (*Brassica oleraceae* L var. *Botrytis* L). Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 20, 306 - 319

Rivier, M., Moreno, M., Alarcón, F., Ruiz, R., Dufour, D. (2001). Almidón Agrio de yuca en Colombia, tomo 2. 62 p. CIAT, Colombia

Sogari, N., Gómez, C., Busso, A., Condorí, M. (2009). Secadero solar por convección de aire caliente para deshidratación de almidón de mandioca destinado a pequeños productores rurales de la provincia de Corrientes. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 13, 02.27 – 02.33

Sodha, M.S., (2000). Solar Crop Drying, Volume 1, CRC Press, United States.

ABSTRACT

To analyze the perfomance of the solar dryer of a hot air convection and the quality of the product, a laboratory oven was used to carried out tests to drying cassava starch, the temperature of drying, the flow air and product weight variation over time were measured in order to obtain the drying curves. Additionally, ash content, pH and content of hydrocyanic acid of the product were compared with three samples of commercial starch. The conclusion was that the drying process conditions do not affect the physicochemical parameters measured.

Keywords: Drying curves, solar dryer, moisture