

SECADO POR ATOMIZACIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR¹

Sandra Patricia Guzmán-Gil^{*}; José Jaime Castaño-Castrillón^{**}

RESUMEN

GUZMÁN G., S.P.; CASTAÑO C., J.J. Secado por atomización del jugo de la caña de azúcar. Cenicafé 53(4):327-333. 2002.

Se evaluó el secado por atomización de los jugos de caña de azúcar con el fin de obtener un producto soluble a partir de jugo concentrado. Se consideraron diferentes temperaturas de entrada de aire y concentraciones de jugo en un atomizador a escala de laboratorio. Los mejores resultados se encontraron para una temperatura de entrada de aire de 130°C (Temperatura de aire de salida de 85°C) y para una concentración de jugo de 40°Brix. Este resultado es significativo en cuanto al rendimiento del producto ya que su valor disminuye en un 20% cuando se trabaja a una misma concentración y a una temperatura de entrada del aire de 140°C. El polvo obtenido del secado por atomización de jugos de caña bajo las condiciones establecidas podría entrar a competir con otros tipos de edulcorantes.

Palabras claves: Secado por atomización, azúcares, jugos de caña, edulcorantes.

ABSTRACT

Spray drying was tested to obtain soluble powder from concentrated cane juice. Different inlet air temperatures and juice concentrations were considered at a laboratory-scale spray dryer. Best results were found for inlet air temperature of 130°C (outlet air temperature 85°C) and juice concentration of 40°Brix; it was significant as for product yield since it decreases 20% when the same concentration is used and inlet air temperature of 140°C. Powder obtained from spray drying of concentrated cane juices at the established parameters could be at the same level of other kinds of sweetening.

Keywords: Spray drying, sugars, sugarcane juice, sweeteners.

¹ Fragmento del trabajo de tesis "Secado por atomización de jugos de caña" presentado a la Universidad Nacional Manizales para optar al título de Ingeniera Química. 1999

^{*} Ingeniera Química

^{**} Investigador Científico II, hasta marzo de 2001. Industrialización. Centro Nacional de Investigaciones del Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

La industria panelera es una de las que registra mayor antigüedad en Colombia. Su evolución ha sido lenta y continúa siendo una actividad puramente rural, dispersa por el territorio nacional y que se realiza utilizando sistemas tradicionales, con métodos empíricos y en la gran mayoría de los establecimientos, manejados de forma artesanal. Su importancia se puede determinar por el significado económico que ella tiene en el mercado nacional ya que puede satisfacer una gran parte de las necesidades de bebidas y además, por su valor nutritivo en la dieta regular del pueblo colombiano (13).

Del jugo concentrado de caña se puede obtener azúcar y panela en polvo. En los procesos utilizados para ambos productos es necesario llevar los jugos a concentraciones superiores a 90°Brix. Los pasos siguientes son la cristalización y centrifugación de las mieles para formación de azúcar (99% sacarosa) y batido manual hasta granulación para la obtención de panela en polvo (73-83% sacarosa y 5-12% azúcares reductores) (9). Este proceso no permite comercializar grandes cantidades de producto debido a que el producto final posee una humedad entre el 4 y el 10%.

El propósito fundamental de esta investigación fue estudiar otro proceso de secado para los jugos de caña con el fin de obtener panela en polvo.

El método evaluado fue el de secado por atomización, proceso en donde un fluido es disperso en una corriente de aire caliente. Este fluido es atomizado en miles de gotas por medio de una boquilla o un disco rotatorio, lo cual incrementa el área superficial de la solución atomizada; el agua es evaporada rápidamente por el aire caliente y el producto convertido en un polvo, granulado o aglomerado en pocos segundos (5).

Mediante este proceso se puede obtener un producto en polvo partiendo de

concentraciones de jugo <50°Brix y llegando a contenidos finales de humedad <3% con tiempos de secado cortos, por efecto de la superficie de contacto creada entre el medio secante y las gotas formadas. La atomización es utilizada para la transformación de una amplia variedad de productos líquidos a su presentación en polvo. La presencia de sustancias ácidas en materiales susceptibles de ser secados parece ser un parámetro importante en consideración. Por ejemplo, jugo de naranja y ácido láctico son más difíciles de secar que los mismos materiales con menos acidez. Cuantificar este principio es sin embargo muy difícil (11).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se utilizó como materia prima para el secado por atomización jugo concentrado de caña. Se utilizó caña variedad *Canal Point* que fue suministrada por la finca El Edén en Chinchiná (Caldas).

La caña después de recibida se lavó con agua fría. Una vez limpia se llevó a un proceso de extracción, en donde se obtuvo bagazo húmedo y como producto principal jugo crudo. El equipo utilizado fue un trapiche móvil tipo planta piloto el cual funciona con un sistema correa-polea y es activado por un motor eléctrico. El jugo crudo obtenido en esta etapa debía tener un pH >5,2, °Brix entre 18-23 y acidez <0,5mL NaOH (0,01N) por gramo de jugo.

El paso siguiente fue la clarificación en donde se removieron impurezas y el color verde característico de estos jugos. Esta etapa se llevó a cabo a una temperatura de 85°C, punto en el cual se añadió el agente clarificante y se dejó en suspensión hasta ebullición, y luego se retiró con la cachaza flotante. Después, fue necesario agregar otra cantidad de clarificante para terminar de limpiar los jugos. Se utilizó

como agente clarificante mucílago de cadillo² y se trabajó una relación de 250ml de agente clarificante por 8 litros de jugo (8). El pH de los jugos se ajustó con cal a un valor de 6 para evitar la inversión de la sacarosa, la cual permite que haya formación de grano.

La etapa siguiente fue la concentración, que consiste en remover cierta cantidad de agua del jugo mediante suministro de energía; el método más empleado mundialmente en la concentración comercial de jugos de frutas es la evaporación. Las técnicas de concentración por congelación y por ósmosis inversa producen generalmente un producto con menos cambios en sus características organolépticas, pero resultan ser mucho más costosas. Por estas razones, se utilizó la evaporación en esta investigación. El sistema de evaporación que se empleó fue un rotavapor BUCHI el cual consta de un baño de calentamiento, un sistema de rotación y un sistema de vacío. Las condiciones mantenidas constantes para esta etapa, a las cuales se llegó según Galindo (8) y con ensayos previos adicionales, fueron temperatura del baño de $80\pm 5^{\circ}\text{C}$ y una presión de vacío de 150 ± 5 torr.

El jugo concentrado entre $40\text{-}50^{\circ}\text{Brix}$ se llevó a la etapa de secado, en un atomizador a escala de laboratorio BUCHI B-191, que utiliza los mismos principios que un atomizador de flujo en paralelo (apto para productos sensibles al calor), el fluido atomizado y el aire secante entran en la misma dirección.

Métodos. Ensayos preliminares. Para la etapa de secado fue necesario en primer lugar encontrar el ángulo de atomización óptimo para obtener un producto en polvo seco. Esta condición es crítica en el equipo utilizado porque la cámara

de secado tiene un diámetro muy pequeño y por tanto, las partículas alcanzan las paredes sin haber tenido suficiente tiempo de contacto con el aire secante. Las variables que influyen principalmente sobre el ángulo son: el flujo de aire y el flujo de alimentación. Se hicieron ensayos variando estos dos parámetros y se encontraron mejores resultados con la combinación 800L/h y 2ml/min . También fue importante mantener la presión de aire constante en 4 bar y la concentración del jugo en 50°Brix como límite máximo.

Con relación a las temperaturas de secado, se observó que por encima de 85°C (temperatura de salida del aire) el producto empieza a sufrir cambios de estado y puede llegar a permanecer durante toda la etapa de secado como una melaza que no es posible recuperar. Para poder mantener el límite en la temperatura de salida de aire y así obtener un producto en polvo fue necesario trabajar a temperaturas de entrada por debajo de 140°C .

Diseño experimental. Después de encontrar los parámetros necesarios para operar el equipo y poder obtener un polvo seco se continuó con la parte experimental en donde se evaluó la temperatura de entrada de aire y la concentración de jugo para ver su influencia en las características físicoquímicas del producto final. Se evaluaron 6 tratamientos mediante un diseño factorial $2*3$, con la temperatura de operación del atomizador y la concentración inicial del jugo de caña como factores, y con el análisis sensorial como variable de respuesta principal (Tabla 1). Adicionalmente se tuvieron en cuenta otras variables a las cuales se les efectuó el mismo análisis de la variable principal y que se describen a continuación.

² El mucílago es una sustancia utilizada en los trapiches paneleros, la cual se obtiene de la maceración de la corteza de plantas como cadillo, balso y guásimo, que al contacto con el agua forman una sustancia viscosa denominada mucílago (9)

Humedad. El contenido de agua en el producto final se midió en un Analizador de Humedad Infrarojo Mettler Toledo 2516 y se expresó en porcentaje.

Rendimiento. Se calculó con base en el peso del producto seco final y el peso de la materia seca inicial, se expresó en porcentaje. La cuantificación del peso se hizo en una balanza analítica Mettler Toledo AB204 y la lectura de los °Brix en un refractómetro Leica Auto ABBE.

Color. El color en porcentaje de transmitancia (%T), se midió a una solución al 5%, previamente filtrada. La lectura se hizo en un espectrofotómetro Shimadzu UV-2100 a una longitud de onda de 550nm, tomando como blanco agua destilada (9).

Análisis sensorial. Se hizo por el panel de catación de Cenicafé. Se evaluó el aroma, sabor, color, apariencia e impresión global de todos los tratamientos, siempre comparando con una muestra de panela comercial. Se utilizó el método descriptivo-cuantitativo en el cual la calificación

de 1-3 correspondía a una muestra mala o de rechazo, 4-6 se considera como regular o aceptable y 7-9 como una muestra buena (8).

Adicionalmente al mejor producto obtenido del diseño experimental se le efectuaron medidas de contenido de azúcares y tamaño de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de todos los tratamientos dio como resultado un promedio de humedad menor del 1%. Este resultado obtenido está estrechamente relacionado con las condiciones de operación elegidas. En el secado por atomización es posible variar las condiciones para llegar a un contenido de humedad final deseada. En las Tablas 2 y 3 se muestran los resultados de todas las variables de respuesta evaluadas.

El promedio del color del producto atomizado está alrededor de un 90%T; el rango permitido para panela es de 30-85%T (9). Este resultado se aprecia claramente en el producto en polvo

Tabla 1. Condiciones evaluadas en el secado de jugos de caña por atomización

Variable	Niveles
Temperatura (°C)	130-140
Concentración inicial °Brix	40-45-50

Tabla 2. Tratamientos y promedios de las variables humedad, rendimiento y color del atomizado de caña panelera

TTO	T entrada Aire °C	Concentración inicial (C) Brix	Repetición	Humedad %	Rendimiento %	Color %T s/n 5%
1	130	50	5	0,57	43,99	90,16
2	130	45	5	0,76	47,82	92,27
3	130	40	5	0,90	60,18	90,46
4	140	50	5	0,68	38,83	90,45
5	140	45	5	0,58	43,14	92,06
6	140	40	5	0,68	43,49	29,63

Tabla 3. Promedios de las variables apariencia, aroma, sabor e impresión global del atomizado de caña panelera

TTO	T entrada Aire °C	Concentración inicial (C) Brix	Repetición	Apariencia	Aroma	Sabor	Impresión global
1	130	50	5	4,90	5,66	6,34	5,02
2	130	45	5	4,48	5,94	6,44	4,84
3	130	40	5	4,52	6,24	6,86	5,56
4	140	50	5	4,48	6,00	7,10	5,08
5	140	45	5	4,58	5,98	6,40	5,24
6	140	40	5	4,76	5,96	6,62	5,20

(Figura 1) y se debe a las bajas temperaturas de secado empleadas (130-140°C) y principalmente, por el tamaño de partícula (diámetro 0,7mm). Si se trabaja en un atomizador a una escala mayor, es posible obtener una partícula más grande y por consiguiente, más coloreada.



Figura 1. Producto atomizado en polvo y reconstituido en agua

El análisis sensorial para todos los tratamientos tuvo un valor promedio entre 4 y 6, que corresponde a una calificación de regular. Este resultado es producto de la comparación de soluciones al 20% del producto atomizado y la panela comercial; si se hace una comparación de acuerdo a su composición de azúcares (Tabla 4), se observa que el polvo obtenido del secado por atomización de jugos de caña a las condiciones establecidas podría entrar a competir con otros tipos de edulcorantes.

Los mejores resultados se encontraron para una temperatura de entrada del aire de 130°C (temperatura del aire de salida de 85°C) y para

una concentración de jugo de 40°Brix. Este resultado fue significativo para la variable rendimiento ($P > F$ menor de 0,05), pero de manera independiente en las dos variables evaluadas (Tabla 5).

Gráficamente (Figura 2), se puede ver que para una concentración inicial de jugo de 40°Brix, el rendimiento disminuye en un 20% con un aumento en la temperatura de secado de 130 a 140°C.

Tabla 4. Composición del azúcar comercial, panela y producto atomizado obtenido.

Componente	Panela	Atomizado	Azúcar refinado
Sacarosa % 73-83	96,97	99,7	
Azúcares reductores %	5-12	1,60	—
Otros* % 5-12	1,38	0,2	

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable rendimiento en el secado por atomización de jugos de caña.

Variable	GL	SC	F	Pr >F
T	1	586,7	8,30	0,0082
C	2	552,0	3,90	0,0341
T*C	2	231,3	1,64	0,2158

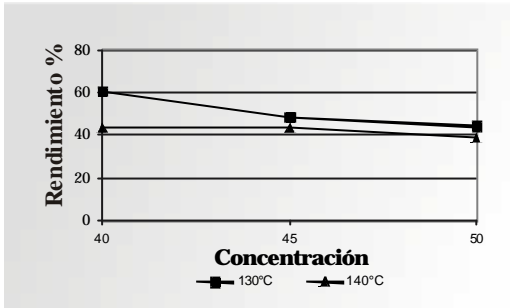


Figura 2. Comportamiento de la variable rendimiento

Se puede explicar éste comportamiento en el hecho de que los productos con altos contenidos de azúcares están clasificados como pegajosos en el secado por atomización; es decir, que pueden permanecer durante toda la etapa de secado como una melaza sin posibilidad de recuperación. Este cambio de estado del producto está relacionado con la temperatura de transición de los azúcares presentes y ésta, a su vez, con la temperatura que puede llegar a alcanzar el producto a la salida de la cámara de secado influenciando de esta manera el rendimiento del proceso y dificultando la operación del equipo (4).

AGRADECIMIENTOS

Al panel de catación de Cenicafé, encabezado por la Dra. Gloria Inés Puerta, por su excelente y paciente labor de catación de los productos obtenidos.

A la finca “El Edén” por el oportuno suministro de la materia prima.

A la Dra. Esther Cecilia Montoya por su asesoría en el tratamiento estadístico de la información.

LITERATURA CITADA

1. ANZALDUA M., A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, Acribia, 1994. 198 p.
2. BARBOSA C., G.V.; VEGA M., H. Dehydration of foods. New York, Chapman and Hall, 1996. 339 p.
3. BHANDARI, B. R.; SENOUSI, A; DUMUOLIN, E.D.; LEBERT, A. Spray drying of concentrated fruit juices. *Drying Technology* 11(5): 1081-1092. 1993.
4. BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology* 15(2): 671-684. 1997.
5. BUCHI LABORTECHNIK. Training papers spray drying. Suiza, BUCHI Laborotechnick AG, 1997. 17 p.
6. CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BENSANCON, P. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Zaragoza, Acribia, 1983. 2 Vols.
7. DURÁN C., N.; GIL Z., N.; GARCÍA B., H.R. Manual de elaboración de panela y otros derivados de la caña. Barbosa, Convenio de Investigación y Divulgación de la Industria Panelera ICA-Holanda-CIMPA, 1992. 187 p.
8. GALINDO L., M.J. Obtención de jugos y mieles de caña panelera saborizadas. Santafé de Bogotá, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ingeniería de Alimentos, 1998. 99 p. (Tesis: Ingeniera de Alimentos)

9. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO-ICA; CONVENIO ICA-HOLANDA DE INVESTIGACIÓN Y DIVULGACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INDUSTRIA PANELERA-CIMPA. Manual de caña para panela. Barbosa, CIMPA, 1992. 178 p.
10. JARAYAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D.K. Dehydration of fruits and vegetables. Recent developments in principles and techniques. *Drying Technology* 10 (1): 1-50 .1992.
11. MASTERS, K. Spray drying handbook. 5. ed. New York, Longman Scientific and Technical, 1991. 725 p.
12. PEARSON, D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Zaragoza, Editorial Acribia, 1986. 331 p
13. ROA, M. R.; RONCANCIO, O. Estudio técnico financiero para el montaje de una planta productora de panela instantánea. Santafé de Bogotá, Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos, 1997. 230 p. (Tesis: Ingeniero de Alimentos).