



Secado de arroz en un reactor de lecho fluidizado pulsante

Ramón Cala
Dainelys Ramírez
Mislaidys Riera

Recibido: Octubre del 2007
Aprobado: Diciembre del 2007

Resumen / Abstract

El secado del arroz es de suma importancia para su almacenamiento, tanto para conservar sus propiedades germinativas o para el consumo humano. El objetivo fundamental del trabajo es realizar un estudio comparativo del secado en lecho fijo y en lecho fluidizado pulsante con las mismas condiciones experimentales. Los resultados obtenidos demostraron que la velocidad del secado en lecho fluidizado pulsante es mucho mayor que la del secado cuando se utiliza un lecho fijo, requiriendo menor tiempo en alcanzar la humedad final deseada, así como una mayor homogeneidad en el producto final. Se obtiene la dependencia entre la rapidez del secado pulsante y la frecuencia de pulsación, determinando la frecuencia óptima de secado para el caso del arroz en cáscara.

Palabras clave: Fluidización, pulsación, secado, arroz

The drying of rice is of supreme importance to its conservation and storage, so much as to conserve its germinative properties or for human consumption. In the work, a comparative study is carried out of the drying in a fixed bed and in a pulsed fluid bed with the same initial humidity and the same conditions of the heating of the reactor. The obtained results demonstrated that the speed of the drying in a pulsed fluid bed was much greater than that of the drying in a fixed bed, requiring a lesser time to reach the wanted final humidity and as well more homogeneity in the final product. The dependence is obtained between the speed of the pulsed drying and the frequency of the pulsations, determining the optimised frequency in the case of rice- cracking.

Key words: Fluidisation, pulsation, drying, rice

INTRODUCCIÓN

El secado del arroz es de suma importancia para su almacenamiento, tanto para conservar sus propiedades germinativas o para el consumo humano.¹⁻⁴

Resulta de vital importancia eliminar la humedad del grano para garantizar éxito en su almacenamiento por ciertos períodos de tiempo o su posterior uso en la alimentación o con fines de semilla para la siembra, es por ello que resulta importante el estudio del proceso de secado, evitando así que los granos húmedos constituyan un medio ideal para el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros, además de conservar las propiedades germinativas del mismo.

Los métodos de eliminación de humedad, varían desde los medios mecánicos, utilizando prensas, máquinas centrífugas, hasta el secado por medios térmicos con aire caliente por tiro natural o forzado. En la práctica, la energía necesaria para evaporar el líquido es suministrada en forma de calor. A veces se usan otras formas de energía como campos de radiofrecuencia, vibraciones, trabajo mecánico o reacciones químicas.⁵⁻⁷

En el secado industrial del arroz en cáscara, el uso de altas temperaturas en el aire desecante puede originar disminuciones considerables en el rendimiento de molienda y en otras variables de rendimiento.

En Cuba, el secado de arroz se realiza en forma natural o mecánicamente en secaderos estáticos, por lo que resulta conveniente una investigación profunda de métodos más favorables a tan importante proceso, esto le reporta al país ahorros considerables, así como ventajas operacionales y de calidad del producto final.

De acuerdo con el tamaño del grano de arroz y a su densidad, resulta prometedora la utilización de las técnicas de fluidización para su procesamiento y secado, ya que se intensifica el proceso de intercambio de calor y masa entre el grano y el agente gaseoso secante, disminuyendo el tiempo de secado. Sin embargo, debido a su forma alargada y estrecha, este grano presenta características aerodinámicas especiales que le permiten orientarse a favor de la dirección del flujo de gas y por tanto desorganizan el lecho fluidizado, formando aglomeraciones y canales que disminuyen la eficiencia del proceso de secado y en algunos casos lo imposibilitan, siendo necesario la utilización de procedimientos adicionales para romper la inercia del lecho.

En este trabajo se realiza un estudio comparativo del secado en lecho fluidizado pulsante, y en lecho fijo, obteniendo para el secado en lecho fluidizado pulsante,⁷⁻¹⁰ una mayor uniformidad en el contenido de humedad final del grano, menor tiempo de secado, menores costos de operación, entre otras ventajas respecto al lecho fijo.

DESARROLLO

El objetivo fundamental de este trabajo es realizar un estudio comparativo del secado de arroz en cáscara en lecho fijo y lecho fluidizado, con vistas a comparar los tiempos de secado en cada proceso así como la calidad del mismo.

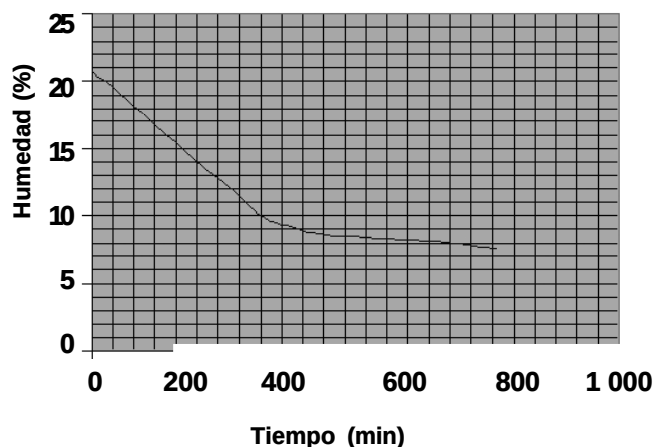
Secado en lecho fijo

Se planificó la metodología para el estudio del secado en un lecho fijo del arroz cáscara atendiendo a las siguientes consideraciones:

1. La temperatura dentro de la estufa se mantuvo constante e igual a 40 °C.
2. El secado se realizó en atmósfera de aire dentro de una estufa con flujo de aire cero.
3. Se tomaron seis muestras representativas con condiciones de humedad inicial similares y se estudió el secado para cada una de ellas.
4. Como variables a controlar se tomaron el tiempo de secado y la humedad relativa para cada tiempo experimental.
5. El secado se realizó hasta que las muestras alcanzaron valores de humedad relativa en base seca igual a 12,5 %.

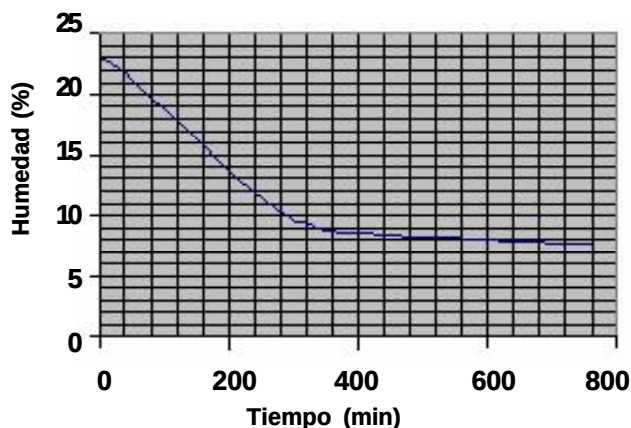
El masado de las muestras se realizó en una balanza analítica Nagema, de 200g de masa máxima y de

precisión 0,000 1. Se obtuvieron las seis curvas de secado correspondientes a cada muestra utilizadas, dos de las cuales se muestran en las figuras 1 y 2.



Lecho fijo de la muestra 3.

1



Lecho fijo de la muestra 4.

2

En los seis casos estudiados el tiempo de secado se encuentra entre 200-250 min, para alcanzar valores establecidos de 12,5 de humedad en base seca, lo cual resulta un tiempo relativamente elevado incurriendo en un alto gasto energético, y para grandes volúmenes de grano este método no sería recomendable.

Otra desventaja del lecho fijo se refiere a la necesidad, debida al bajo intercambio de calor entre fases, del sobrecalentamiento de las regiones del lecho que se encuentran cercanas a la fuente de calor, generalmente las paredes de la estufa, siendo necesaria la existencia de un gradiente de temperatura que garantice que a las zonas más alejadas llegue el calor suficiente para que se produzca el secado, lo que atenta contra la uniformidad del secado.

Secado en lecho fluidizado

Instalación experimental

El estudio experimental del secado en lecho fluidizado, se realizó en una instalación experimental, que entre sus partes fundamentales tiene: Reactor, compresor, válvulas reguladoras del flujo, medidores de presión, metro orificio como medidor del flujo de aire, control de temperatura del aire que entra al reactor (figura 3).

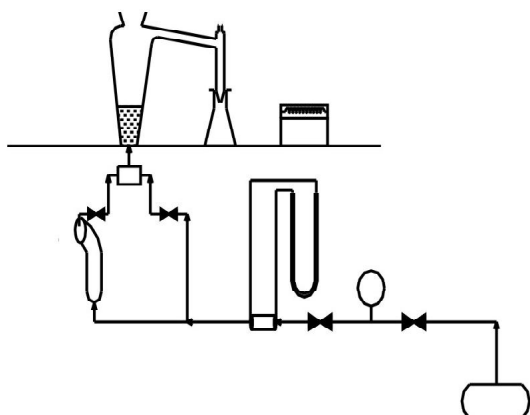


Diagrama de la instalación para lecho fluidizado y fluidizado pulsante.

3

En la figura 3 se muestra el diagrama de la instalación para lecho fluidizado y fluidizado pulsante.

Se mantuvo una altura del lecho de aproximadamente 9 cm para todas las corridas.

El aire que pasa por la válvula de la izquierda lo hace a través de un calentador eléctrico que garantiza la temperatura de secado del aire.

La medición del caudal del aire seco se realiza con un metro orificio y la medición de la temperatura por medio de un termómetro electrónico.

El arroz en cáscara a secar es vertido en el reactor en las condiciones de humedad inicial de 31 %, temperatura en el reactor 40 °C, igual variedad y calidad de la muestra.

Una vez comenzado el proceso y pasado algunos minutos puede verse cómo se dificulta la fluidización del material, por causa de su forma aerodinámica que tiende a orientarse en el sentido del flujo y a formar canales que provocan un secado deficiente, más demorado y de poca uniformidad en el mismo.

La formación de canales en los lechos fluidizados es un fenómeno que se conoce en la literatura científica,¹¹⁻¹³ y existen diferentes métodos para romper

la organización de las partículas al formar dichos canales, o rompimiento de la inercia del lecho, generalmente asociados a un aumento de la movilidad por medio de agentes externos al lecho, como puede ser agregar un agente inerte fácil de fluidizar que al intercambiar cantidad de movimiento con las partículas de difícil fluidización le obliga a fluidizar como un todo, también se conocen la utilización de vibraciones, utilización de paletas móviles, etcétera.

De todos estos métodos el más utilizado es la introducción de partículas inertes¹⁴ al reactor, lo cual es poco recomendado en el caso de granos alimenticios debido a la contaminación con los polvos de las partículas inertes y al gasto que hay que incurrir para separar las fases sólidas y para mantener en movimiento las partículas inertes, así como el aumento considerable de la erosión en el reactor

Como una metodología novedosa para el secado del arroz en cáscara en el lecho fluidizado, se presenta la utilización de un lecho fluidizado a flujo pulsante que sea capaz por sí solo, sin movimiento mecánico del reactor o utilización de partículas inertes, de romper la tendencia del lecho a producir canales.

Secado en lecho fluidizado pulsante

Se realizaron corridas experimentales en el lecho fluidizado pulsante para siete valores de frecuencia, entre 20 y 144 puls/min, manteniendo constantes en todos los casos las características del arroz, humedad inicial de las muestras, suciedad y variedad, así como una temperatura de 40 °C dentro del reactor.

Los resultados obtenidos para el secado en el lecho fluidizado arrojan un comportamiento casi exponencial de las curvas de secado, lo cual está en correspondencia con un mayor contenido de humedad en el interior del grano y la mayor parte del proceso transcurre en la segunda velocidad de secado.

Se parte de una humedad inicial de 31 %, y por similitud con los procesos exponenciales se calcula el tiempo T_{ao} , que no es más que aquel valor de tiempo necesario para que se logre el 63 % de secado total de la muestra 11,47 % de humedad y que resulta un tiempo característico de la velocidad de secado.

$$W_t = W_o \cdot e^{-t/T}$$

donde:

W_o : Humedad inicial de la muestra.

T : Valor de T_{ao} para cada caso.

t : Tiempo de secado.

A continuación se muestran las curvas experimental y teórica del secado del arroz cáscara con una frecuencia de pulso de 120 puls/min y T de 40 °C (figuras 4 y 5).

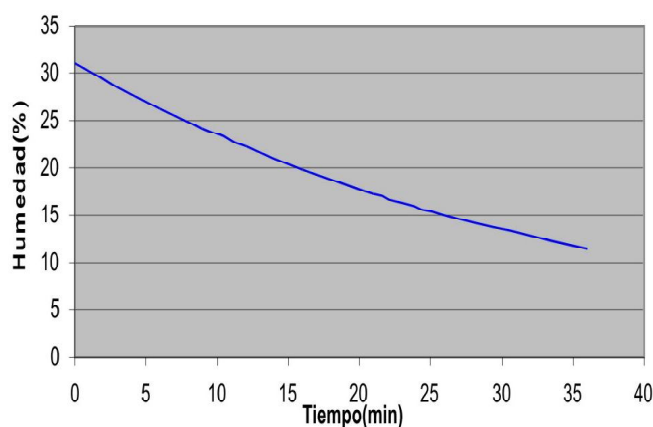


Gráfico teórico.

4

En todos los casos puede observarse que el comportamiento real obtenido del secado del arroz en cáscara no difiere mucho del comportamiento teórico (Wt). Las corridas experimentales para el secado del arroz en lecho fluidizado pulsante muestran una influencia de la frecuencia del pulso sobre el tiempo de secado, manteniendo todos los demás parámetros constantes e iguales para todas las corridas, como son temperatura de secado, flujo de aire y cantidad de material a secar, lo cual sugiere la realización de un análisis gráfico para determinar dicha influencia y la posible aparición de un rango óptimo de frecuencia a emplear para el secado

Como se observa en la figura 6, el tiempo mínimo para obtener valores cercanos al 12 % de humedad, humedad final necesaria para la conservación del grano, es de aproximadamente 24 min.

Como se puede observar el tiempo de secado depende de la frecuencia de la pulsación, siendo la frecuencia más idónea de alrededor de los 90 -105 puls/min, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos con el estudio aerodinámico de formación del lecho pulsante de arroz.¹⁵

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos para el secado en lecho fluidizado pulsante para el arroz en cáscaras muestran una clara dependencia entre la velocidad del secado y la frecuencia de pulso, resultando un valor mínimo para el tiempo de secado para frecuencia de 104 puls/min, lo que demuestra de una velocidad máxima de secado para esta frecuencia de pulso.
- El tiempo mínimo necesario para lograr el secado con este valor de frecuencia equivale a 24 min lo que representa un tiempo mucho menor que el necesario para obtener el mismo valor de secado para la muestra de arroz cuando se utiliza el lecho fijo, siendo necesario para este último valor de 220 min de secado.
- La homogeneidad del producto seco obtenido es superior en el caso del lecho fluidizado pulsante.

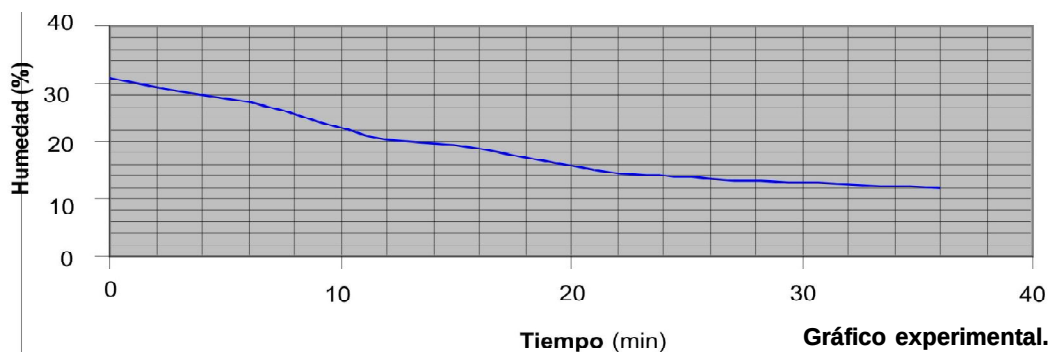


Gráfico experimental.

5

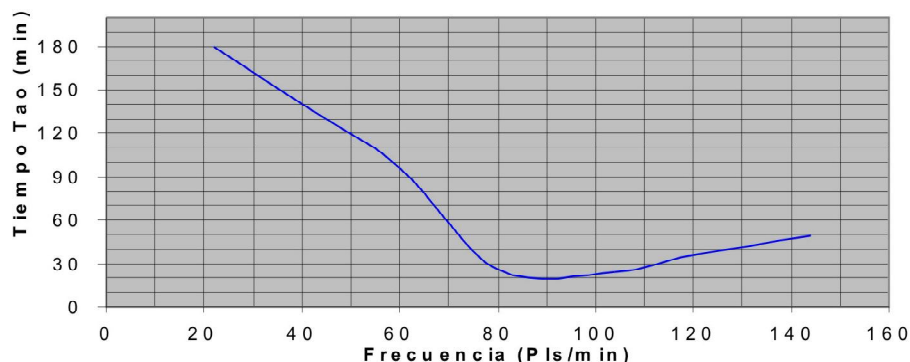


Gráfico de frecuencia vs tiempo.

6

REFERENCIAS

1. Escuelas idea sana, Arroz en su punto, España marzo-abril, 2005.
<http://ideasana_fundacioneroski.es/web/es/12/arroz-punto/ [Consulta: 1 feb 2007].
2. Fortalecimiento de las capacidades regionales de investigación en arroz y asignación de prioridades en cuanto a necesidades, con énfasis en los pequeños agricultores, Instituto de investigaciones del arroz. Cuba, Abril, 2001. <http://www.ciat.cgiar.org/webciat/riceweb/esp/pdf/resultado_3.pdf. Consulta 22 Feb 2006.
3. Anuario Agrocadenas Colombia. Cadena del arroz, Colombia, 2004.
<http://www.agrocadenas.gov.co/home.htm_2k.
4. **Livore, Alberto:** "Calidad industrial y culinaria del arroz, Revista IDIA, Año IV, No 6, junio, 2004.
5. "El arroz, motor del agro y centro de la cultura en Japón, FAO y revista arroz de aca, 2006.
<<http://www.flar.org/pdf/elarrozenjapon.pdf>. 19 Sep 2007.
6. **Boizan Justin, M.:** Secado fluidizado de productos alimenticios, Editorial Oriente, Santiago de Cuba, 1986.
7. **Guezhov, A. y P. Samochetov:** Secado y secadores de granos, Editorial Kolos, Moscú, 1967.
8. **Efremov, G. and T. Kudra:** Dryung Kinetics in a Pulsed-Fluid Bed Dryer - a Modified Quasi-Stationary Approach, Proc. Int. Conf. DHTP-2002, Moscow, Russia, 2002.
9. **Gawrzynski, Z.; R. Glaser and T. Kudra:** "Drying of Powdery Materials in a Pulsed-Fluid Bed Dryer", Drying Technology, 17 (7 & 8): 1523-1532, 1999.
10. **Kudra, T. et al.:** "Drying of Pulp and Paper Sludge in a Pulsed-Fluid Bed Dryer", Drying Technology, 20(4): 917-933, 2000.
11. **Kneule, F.:** El secado, Editorial Urmo, Munich, 1998.
12. **Mooson, Kwauk; Li Jinghai and Liu Dejin:** Multi, Phase Reaction Laboratory, Institute of Chemical Metallurgy, Academia Sinica, Beijing 100080, People's Republic of China.
13. **Wlodzimierz, Ciesielczyk et al.:** Experimental Study on Drying Kinetics of Solid Particles in Fluidized Bed. UDK: 536.2:66.0471, Institute of Chemical Engineering and Physical Chemistry, Technical University of Cracow, Poland, Faculty of Mechanical Engineering, Beogradska 14, 18000 Ní's YU, Powder Technology 111, 2000.
14. **Cala, R.; M. Legañoa y J. Artilles:** Principales características gasodinámicas de una capa binaria multidispersa formada por partículas de diferentes densidades, Ciencias Físico-Matemáticas. UC-1-1988.

15. Ramírez, Dainelys y Ramón M. Cala: "Secado de arroz- cáscara en lecho fluidizado pulsante", Tesis de Maestría, Facultad de Química, Universidad de Camagüey, 2007.

AUTORES

Ramón Cala Aiello

Licenciado en Física, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba
e-mail:ramon.cala@reduc.edu.cu

Dainelys Ramírez Muñoz,

Ingeniera Química, Máster en Química, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.

Mislaidys Riera García, Ingeniera Mecánica, Instructora, Grupo de Energía, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba
email:mislaidys.riera@reduc.edu.cu

*Disponemos de un
departamento
informatizado, dotado con
tecnologías que nos
permiten realizar todo el
proceso de edición de
revistas científicas así como
de otros materiales.
Visítenos!!!*

