

RELACION ENTRE EL SECADO Y EL QUEBRAMIENTO DEL ARROZ EN CINCO MOLINOS DE COSTA RICA ¹ /*

Manuel E. Zeledón **
Miguel A. Mora **

ABSTRACT

Relationship between drying and breaking of grain kernels in five Costa Rican rice mills. In Costa Rica, almost all harvested rice is dried in driers that use motor-driven air currents, and have tall and narrow columns through which grain flows while mixing at the same time. This industrial drying is done in two ways, continuous flow (grain flows through a battery of 3, 4 or 5 driers) and in batches (grain recirculates continuously within a single drier). This study evaluated the effect of these methods of drying on the broken-grain content of paddy rice (crop 1979-1980) received in the five largest rice mills in the country at the time. The increase in broken grain was assessed in samples taken every 15 minutes at the inlet and outlet ports of each drier. These samples were then slowly dried by exposing them to an air-conditioned ambient, and the analysis for broken grains followed. Results indicated that drying of rice with small, acceptable increases in broken grain (< 2.5 %) was being achieved under the two ways drying was being performed. The largest mean increments (9.4 % and 4.0 %) occurred in two rice mills characterized for using high air temperature, high speed and a continuous-flow way of drying. In the study, the former drying factors were positively and significantly correlated with the increases in broken grain. A combination of drying factor which appeared to keep rice-kernel damage to a minimum was: drying-air temperature, 45 ° C; final grain temperature, 40 ° C; and final grain moisture, 14 %.

INTRODUCCION

En general, el contenido de granos quebrados en el arroz en cáscara es el factor de calidad que más afecta su valor comercial. Principalmente porque el precio que se paga por los granos quebrados pulidos es generalmente la mitad o menos que el precio del arroz entero pulido (Zin, 1970).

En el manejo poscosecha del arroz, el secamiento es tan sólo una de las etapas en las cuales

puede ocurrir fisuramiento de los granos (Bhattacharya, 1980), lo que en definitiva se puede llegar a manifestar como grano quebrado durante el beneficio final (Esmay *et al.*, 1979).

En Costa Rica, la mayor parte del arroz se seca en equipos con movimiento forzado de aire (secadoras). El aire se calienta generalmente a temperaturas mayores que la ambiental, con el propósito de aumentar su capacidad desecante, lo que a su vez aumenta considerablemente la velocidad de secamiento. En el arroz, no obstante, esta velocidad no debe ser alta, pues se corre el riesgo de fisurar los granos (Brooker *et al.*, 1974).

Una forma muy recomendada de secar el arroz es el secamiento por etapas, procedimiento en el que el arroz es expuesto alternadamente a períodos cortos de secado, seguido por períodos prolongados de reposo (Brooker *et al.*, 1974). No obstante, en Costa Rica esta técnica no era utilizada

1/ Recibido para publicación el 5 de mayo de 1987.

* Parte de la tesis de Ingeniero Agrónomo presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

** Programa de Posproducción de Granos y Semillas, CIGRAS - Centro de Investigaciones en Granos y Semillas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

en el año en que se realizó este estudio; por el contrario, el arroz se secaba mediante una exposición continua al aire desecante.

No se conoce de trabajos previos en los que se haya estudiado el tipo de secamiento industrial de arroz utilizado en Costa Rica. Es importante conocer la influencia que tiene este tipo de secamiento sobre la calidad del arroz en cáscara, puesto que prácticas inadecuadas pueden pasar desapercibidas y disminuir considerablemente, año tras año, el valor de la producción nacional de arroz. También, la competitividad de las plantas beneficiadoras en el mercado nacional y la del país en el mercado internacional pueden verse afectadas seriamente si el secamiento reduce el valor del arroz.

En el presente trabajo se estudió el efecto del secamiento industrial utilizado en cinco de las plantas arroceras más grandes del país sobre la calidad del arroz en cáscara, y se buscó las condiciones más favorables a utilizar con el tipo de secadoras en uso.

MATERIALES Y METODOS

Con el uso de un sistema de muestreo que permitía obtener muestras del arroz antes y después del secamiento, se procedió a analizar el efecto del secado sobre el contenido de granos quebrados en el arroz en cáscara expresado como incremento en los porcentajes de grano quebrado.

Arroz

Los cultivares de arroz usados en el país en el año en que se realizó el trabajo (1979) fueron 'CR-1113', 'CR-5272' y 'CICA-7', los cuales se sembraron, aproximadamente, en las siguientes proporciones: 63 %, 26% y 11%, respectivamente (Costa Rica, Oficina Nacional de Semillas, 1980). Los tres cultivares producen granos que califican como de tipo largo (ICAITI, 1978). Además, los granos de estos cultivares son de forma delgada.

Estaba fuera del alcance de los investigadores el controlar la calidad u otras características del arroz que ingresaba a los molinos arroceros durante el presente trabajo, así como tampoco la del arroz que era sometido a muestreos. No obstante, el trabajo se realizó durante la misma cosecha, y por un período relativamente corto de 5 semanas, lo que garantizaba algunas características comunes en el arroz utilizado.

Equipo de secamiento

Los cinco molinos de arroz estudiados eran los de mayor capacidad en el país (entre 16.000 y 32.000 t/año) en ese momento. Estos fueron identificados como I, II, III, IV, y V. Los tres primeros estaban situados en el Valle Central a 952, 832 y 1150 msnm, respectivamente; y los dos restantes, en la costa del Pacífico a 4 y 15 msnm, respectivamente.

Al momento del muestreo, todos los molinos utilizaban secadoras de flujo continuo del tipo de columna delgada con acción mezcladora (Wimberly, 1983), con dimensiones aproximadas de 3,5 x 1,2 x 12 m, y capacidad entre 12 y 14 t/h.

Las secadoras eran operadas en forma independiente, esto es, haciendo circular el arroz por una misma secadora hasta que estuviese seco (secamiento por lotes); o en serie, esto es, haciendo pasar el arroz de una a otra secadora, en una serie que podía ser de tres, cuatro o cinco unidades (secamiento en flujo continuo).

Los molinos I, II y III utilizaban una serie de cinco secadoras; el molino IV utilizaba una serie de tres. El molino V realizó secamiento por lotes.

Estrictamente, la exposición del grano al aire desecante no es continua, ya que cada vez que el grano es llevado al recipiente alimentador de una secadora, situado en la parte superior de la misma, el secamiento es interrumpido hasta por un máximo de 20 min.

El recorrido del grano por una secadora dura aproximadamente una hora, salvo que por ajustes en la velocidad de los mecanismos de descarga, este tiempo puede disminuir en 5 ó 10 min. Especial atención se prestó a estos cambios, para realizar los ajustes necesarios en el procedimiento de muestreo de las secadoras.

El calentamiento del aire se hacía en forma directa, utilizando quemadores para combustible diesel, cuya regulación dependía exclusivamente del tipo de inyector (boquilla) en uso.

Muestreo

Una vez determinado el tiempo exacto que tomaba el arroz para circular por una secadora (aproximadamente una hora), se calculaba la frecuencia con que se debía muestrear el chorro de grano a la entrada o a la salida de cada secadora, de tal forma que se contase con cuatro muestras por hora (o su equivalente) debidamente distribuidas

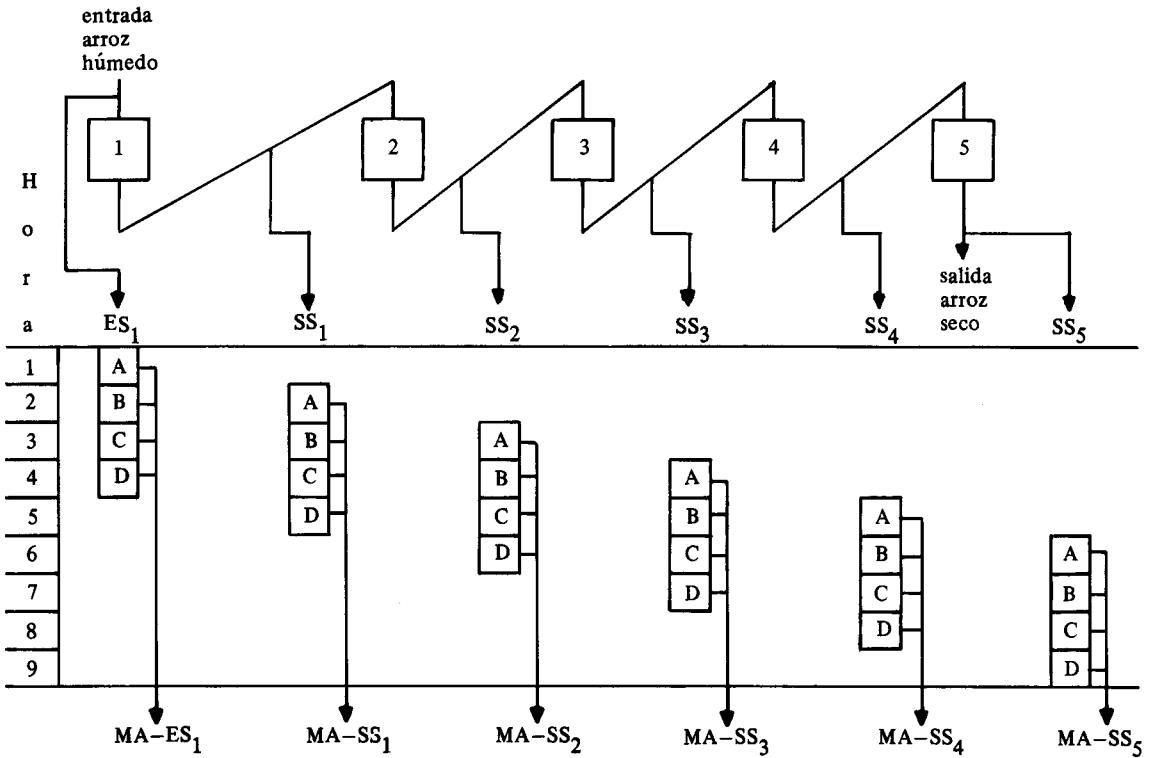


Fig. 1. Esquema del muestreo usado para la evaluación del efecto del secado en flujo continuo sobre el contenido de grano quebrado del arroz en granza en 5 molinos arroceros de Costa Rica.

A,B,C,D = muestras compuestas.

ES = entrada a la secadora.

MA = muestra para análisis obtenida a partir de A,B,C y D.

SS = salida de la secadora.

(una cada 15 min), cada una de 1 kg (Dendy y Harris, 1978). Este muestreo se continuaba en la misma secadora hasta que el grano estuviese seco (secamiento por lotes), o se extendía para incluir todo el arroz que ingresara en la primera secadora durante un período de cuatro horas (o su equivalente) y se continuaba el muestreo de ese grano a su paso por la serie de secadoras (secamiento en flujo continuo).

Las cuatro muestras tomadas cada hora de cada punto (salida de una secadora, por ejemplo) se reunieron para formar una muestra compuesta. De cada una de éstas se separó 1 kg para luego unir las muestras de las cuatro horas de muestreo (secamiento en flujo continuo), las cuales en definitiva serían reducidas a 1 kg de muestra para análisis. En el secamiento por lotes, las muestras de 1 kg obtenidas cada hora de muestreo se analizaron independientemente. En la Figura 1 se presenta esquemáticamente el procedimiento seguido

para el muestreo de los molinos que utilizaban el secamiento continuo.

De acuerdo con el esquema de muestreo anterior, los molinos fueron muestreados tres veces, en días diferentes, salvo el molino IV, que se muestreó cuatro veces. Normalmente el muestreo era iniciado en horas de la mañana, y terminaba al final de la tarde.

En el lugar de muestreo, y para evitar cambios en la humedad, todas las muestras se mantuvieron en bolsas plásticas, y éstas se mantuvieron a su vez en baldes plásticos (19 L), los cuales tenían tapa que limitaba efectivamente la circulación de aire. Luego las muestras fueron homogeneizadas y reducidas finalmente a 1 kg, siguiendo procedimientos adecuados.

Secamiento de muestras en el laboratorio

Antes del análisis de molinería, todas las muestras para análisis fueron secadas lentamente.

Cuadro 1. Promedios de incremento en grano quebrado y de algunas variables del secamiento en 5 molinos arroceros de Costa Rica.

Molinos	Incremento en grano quebrado * (%)	Temperatura de secamiento (° C)	Temperatura final del grano (° C)	Velocidad de secamiento (%/h)	Humedad inicial grano (%)	Humedad final grano (%)	Humedad relativa ambiente (%)
II	9,4 a	62,3	43,6	1,6	21,4	12,9	47
I	4,0 b	56,6	43,7	1,5	19,5	11,9	52
IV	2,5 b	46,5	40,9	1,4	17,7	13,7	54
III	1,7 b	45,6 **	39,8***	1,2	19,0	14,0	60
V	0,2 b	47,6	42,0	1,5	23,3	12,9	66

a,b Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes ($P < 0,05$) según prueba de Duncan.

* Diferencia aritmética entre los porcentajes de grano quebrado al inicio y al final del proceso de secamiento.

** No incluye la temperatura de la secadora V, que usaba aire a temperatura ambiental.

*** Registrada a la salida de la secadora IV.

Para esto, las muestras fueron extendidas sobre bandejas de madera de 35 x 90 x 3 cm en capas de 2 cm de espesor, y expuestas por 1 semana a un ambiente muy estable de 50 % humedad relativa y 22 °C, logrado en un laboratorio con acondicionador de aire. Este método fue seleccionado entre varios ensayados, porque, consistentemente, dio la proporción más baja de grano quebrado.

Análisis de molinería

Dos semanas después de recolectadas, las muestras fueron procesadas, utilizando para ello un descascarador Mc Gill y un pulidor Mc Gill No.3. El grano descascarado se pulió durante 30 s usando en el pulidor solamente el brazo de presión y el soporte para las pesas. El grano pulido se colocó de inmediato en envases plásticos herméticos.

Un mes después se hizo la determinación del grano quebrado, por triplicado, en porciones de 100 g de grano pulido, utilizando para ello una criba No.12 y el equipo especializado para ese fin (Rice Sizing Device):

RESULTADOS

Los datos que expresan el promedio de los incrementos en grano quebrado atribuidos al secamiento (Cuadro 1), permiten concluir que existen diferencias significativas en el daño causado por los diferentes molinos ($P < 0,05$). El mayor incremento promedio en grano quebrado fue observado en el molino II (9,4 %), que fue significativamente

mayor a los incrementos en las otras arroceras; seguido por el molino I con un incremento promedio de 4,0 %. Los otros tres molinos mostraron incrementos promedios menores de 2,5 %, sobresañando el molino V, que fue el único que realizó secamiento por lotes, con sólo 0,2 % de incremento. No obstante, no hubo diferencias significativas entre los últimos cuatro molinos.

Si se consideran sólo los molinos que utilizaron el secamiento en flujo continuo, el molino II causó un daño por secamiento que superó al daño observado en los demás molinos hasta por 7 g de grano quebrado adicional por cada 100 g de arroz pulido.

Los datos de incremento en grano quebrado correspondientes a cada uno de los muestreos practicados en los molinos mostraron gran variación. En el caso del molino II, los incrementos oscilaron entre 5,1 y 11,6 %; en el molino I, entre 1,2 y 7,9 %; en el molino III entre 0 y 4,6 %; en el molino IV entre 0,4 y 5,1 % y en el V entre 0 y 1,2 %.

En el nivel de ensayo total y del secamiento en flujo continuo se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre el incremento en grano quebrado y la temperatura del aire de secamiento (Cuadro 2). A temperaturas entre 45,6 y 47,6 °C, los incrementos promedios de quebrado no pasaron de 2,5 %, mientras que a 56,6 °C el incremento promedio fue de 4,0 % y a 62,3 °C fue de 9,4 %. Muy asociada con las correlaciones anteriores, también se encontró que los incrementos en grano quebrado se correlacionaron positiva

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre los incrementos en grano quebrado y algunas variables del secamiento, a nivel del ensayo total y del proceso de secado en flujo continuo.

Matriz	Temperatura de secamiento	Temperatura final del grano	Velocidad promedio de secamiento	Humedad inicial del grano	Humedad final del grano	Humedad relativa ambiente
Ensayo total	+0,743 **	+0,368	+0,068	-0,102	-0,126	-0,596
Flujo continuo	+0,719 **	+0,457	+0,561 *	+0,467	-0,094	-0,459

* = significativo en un nivel de probabilidad de 0,05.

** = significativo en un nivel de probabilidad de 0,01.

y significativamente con la velocidad de secamiento en el sistema de flujo continuo.

No se encontró correlación significativa entre la temperatura final del grano y el incremento de quebrado; no obstante, se observó que entre los molinos que utilizaron secamiento en flujo continuo, aquellos que presentaron mayores incrementos en quebrado presentaron también los mayores promedios de temperatura final del grano. Los molinos III y IV, con los menores incrementos en quebrado, tuvieron temperatura promedio del grano entre 39,8 y 40,9 °C, mientras que en los molinos I y II ésta fue de 43,7 y 43,6 °C, respectivamente. Por lo tanto, una temperatura final del grano cercana a los 40 °C se perfiló como una temperatura muy segura para usar como límite máximo con el tipo de equipo industrial para secamiento de arroz usado en Costa Rica.

Tampoco se encontró correlación significativa entre el incremento de quebrado y la humedad inicial, o entre aquel y la humedad final del grano. La humedad final del grano fue, en promedio, de 12,0 %, 13,2 %, 14,0 % y 13,7 %, para los molinos I, II, III y IV, respectivamente. A pesar de la falta de correlación significativa, los datos indican que aquellos molinos con menor incremento promedio en quebrado tienen como práctica terminar el secamiento cuando el arroz tiene 14 % o poco menos de humedad.

DISCUSION

En este trabajo, el menor daño fue causado por el molino que trabajó con secamiento por lotes. No obstante, los bajos incrementos obtenidos en los molinos III y IV, que usaron secamiento

continuo, demuestran que un reducido fisuramiento del arroz en cáscara durante el secamiento con los equipos en estudio se debe más al control de los factores que intervienen en el secamiento, como la temperatura del aire desecante y la velocidad de secamiento, por ejemplo, que al tipo de secado, ya sea continuo o por lotes.

Calderwood y Louvier (1964) mencionan que el secamiento rápido del arroz provoca el quebramiento del grano. Por su lado, Dung *et al.*, (1980) indican que la temperatura es el factor más importante que determina la velocidad de secamiento. En este trabajo, se constató que la temperatura del aire de secamiento juega un papel aún más importante que la velocidad de secamiento en el desarrollo del daño por secamiento. De lo anterior se puede concluir que la temperatura del aire de secamiento es el factor más importante a controlar si se desea limitar el efecto detrimental que sobre la calidad del arroz tiene el secamiento industrial con el tipo de equipos de secado en uso en Costa Rica.

El control de la temperatura de secamiento debe ir más allá de la simple determinación del tipo de inyector que permite calentar el aire a una determinada temperatura en un momento dado, pues las condiciones ambientales varían significativamente del día a la noche, con el paso de las semanas, según se aproxima la época de verano, etc.

Los molinos no variaron la temperatura de las secadoras para ajustarse a los cambios en las condiciones del aire ambiental. Lizarazo *et al.* (1972), recomiendan variar la temperatura de secamiento según sean la temperatura, la humedad relativa del aire fuera de las secadoras y el contenido de humedad del grano. Quizás ésta sea una de las

razones, junto con la variabilidad inherente al arroz utilizado en este trabajo, por la que los datos de incremento de quebrado por muestreo mostraron gran variabilidad.

Es evidente la necesidad de investigar más esta situación para determinar los pasos requeridos para eliminar la variabilidad manifiesta en el daño por fisuramiento al arroz, que por ende es una limitación seria a cualquier recomendación estática de combinación de factores de secamiento.

No obstante, considerando que en este trabajo se demostró que hay al menos un molino que daña el arroz en demasía, y dadas las limitaciones actuales en el conocimiento del secamiento industrial del arroz en uso en el país, se consideró útil recomendar una combinación de los varios factores del secamiento estudiados, que pareciera perfilarse como eficaz para mantener al mínimo el daño al arroz por fisuramiento. La combinación es la siguiente: temperatura del aire de secamiento, 45 ° C; temperatura final del grano, 40 ° C; y humedad final del grano, 14 %.

Obviamente, es necesario ampliar estos estudios para corroborar la utilidad de la recomendación, y además realizar las adaptaciones necesarias según cambien las prácticas de secamiento, las variedades de arroz en uso, las condiciones ambientales y otras circunstancias.

RESUMEN

En Costa Rica, la mayor parte del arroz se seca en equipos con movimiento forzado de aire del tipo de columna delgada con acción mezcladora. Este secamiento se hace bajo dos modalidades, en flujo continuo (series de 3, 4 ó 5 secadoras) y por lotes (una sola secadora en la que el arroz recircula constantemente).

En este trabajo se evaluó el efecto del secamiento industrial en el contenido de grano quebrado del arroz en cáscara (cosecha 1979-1980) procesado en los cinco molinos arroceros de mayor capacidad en el país. Los incrementos en grano quebrado fueron calculados a partir de muestras tomadas, cada 15 minutos, a la entrada y salida de las secadoras. Estas muestras fueron secadas lentamente por exposición a aire ambiente controlado antes de ser analizadas.

Los resultados indicaron que incrementos en quebrado aceptables (< 2,5 %) fueron obtenidos con cualquiera de las dos modalidades de secamiento. Los mayores incrementos promedio (9,4 % y 4,0 %) se encontraron en los molinos que utilizaron alta temperatura del aire y alta velocidad de

secamiento, en la modalidad de flujo continuo. Estas variables del secamiento mostraron correlaciones positivas y significativas con los incrementos en el grano quebrado.

Una combinación adecuada para mantener al mínimo el daño del arroz por fisuramiento parece ser: temperatura del aire, 45 ° C; temperatura final del grano, 40 ° C; y humedad final del grano, 14 %

LITERATURA CITADA

- BHATTACHARYA, K.R. 1980. Breakage of rice during milling; a review. *Tropical Science* 22(3):255-276.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. 1974. *Drying cereal grains*. Westport, Conn., The AVI Publishing. 265 p.
- CALDERWOOD, D.L.; LOUVIER, F.J. Jr. 1964. Procedures for increasing drying capacity of commercial rice dryers, *Rice Journal* 67(8):11-15,18.
- COSTA RICA. OFICINA NACIONAL DE SEMILLAS. 1980. *Memorias 1979*. San José. 32 p.
- DENDY, D. A.V.; HARRIS, K.L. 1978. Procedures for measuring losses occurring during or caused by processing including threshing, drying, and milling of most grains, but not maize or pulses/groundnuts. *In Post-harvest grain loss assessment methods; a manual of methods for the evaluation of postharvest losses*. Comp. by K.L. Harris and C.L. Lindblad. s.1., A.A.C.C. 193 p.
- DUNG, N.V.; BOWREY, R.G.; FOWLER, R.T. 1980. Variables affecting the drying rate of paddy rice. *Food Technology in Australia* 32(12):604-606.
- ESMAY, M.L.; SOEMANGAT, E.; PHILLIPS, A. 1979. *Rice postproduction technology in the tropics*. Honolulu, Hawaii. East-West Food Institute. 140 p.
- HALL, D.W. 1970. *Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas*. Roma, FAO. 350 p. (FAO Agricultural Development Paper No.90).
- ICAITI. 1978. Norma centroamericana No.34049, primera revista granos comerciales; arroz en cáscara y arroz elaborado. Guatemala, Centro América.
- LIZARAZO, M.; ESPINEL, L.J.; CANCELADO, R.; RODRIGUEZ, J.M. 1972. *Clasificación, manejo, tratamiento y conservación de granos*. Bogotá, I.I.C.A. 388 p.
- WIMBERLY, J.E. 1983. *Technical handbook for the paddy rice postharvest industry in developing countries*. Los Baños, Filipinas, I.R.R.I. 188 p.
- ZIN, U THET. 1970. *Standardization and grading of paddy in Malaysia*. Malaysia, Food and Agriculture Organization of the United Nations.