Agronomía Costarricense 16(1): 91-98. 1992.

EFECTO DEL SECADO CONTINUO O EN DOS ETAPAS Y DE LA TEMPERATURA DEL AIRE SOBRE VARIABLES DE RENDIMIENTO MOLINERO EN ARROZ PRODUCIDO EN COSTA RICA[1/*]

Manuel Zeledón **
Carlos Mata ***

ABSTRACT

Effect of four air temperatures and continuos or two-stage drying technique on rice milling yields in Costa Rica. The effect of four air temperatures and the drying in one or two steps on long rice milling yields, was studied by 10 kg rice samples in laboratory driers. Drying rates were similar to those obtained commercially (an average hourly decrease of about 1.5 points in grain moisture percentage with air at 60°C). Quality was not different when rice was dried in one or two steps; apparently, two steps were not enough to bring about the benefits of a non-continuous drying. Rice milling yield was significantly lower, and the percentage of bran was significantly higher in samples dried at 75°C. Whole kernels yield was significantly lower only when drying was done at 60°C and 75°C. Whole and large broken kernels yield decreased by 10%, approximately, when drying was done at 60°C, and by about 30% when 75°C air was used; this reduction was attributed to an increase in the output of by-products. Drying at 40°C did not affect initial rice quality, as determined on samples dried at 30°C.

INTRODUCCION

Para impedir el deterioro acelerado del arroz húmedo recién cosechado, se le seca hasta una humedad apropiada para almacenamiento (12 a 14% en base húmeda). Con un bajo contenido de agua, el grano queda en estado relativamente latente y puede almacenarse con seguridad durante largos períodos (Xuan y Ross, 1976; Universidad de Filipinas, 1979).

El arroz puede ser secado en forma natural, mediante la exposición del grano a la energía del sol o artificialmente, forzando aire caliente a través de una masa de grano. El secamiento artificial es rápido y controlable y permite obtener un secado uniforme del grano; este tipo de secamiento es indispensable en explotaciones a gran escala (Janicki y Green, 1976).

El secamiento artificial del grano puede realizarse bajo 2 modalidades: 1) efectuando un secamiento continuo del grano mediante la exposición ininterrumpida de éste al aire desecante hasta alcanzar la humedad final deseada, y 2) por medio de un secamiento por etapas, donde el proceso se interrumpe cada vez que la humedad del grano se reduce de 2 a 4 puntos porcentuales. Durante la interrupción del secado, el grano se deja reposar por un período de tiempo que normalmente varía entre 4 y 24 horas (Duval, 1972; Xuan y Ross, 1976; Universidad de Filipinas, 1979). Las temperaturas de aire que se utilizan en el secamiento continuo (entre 40 y 50°C), por lo

1/ Recibido para publicación el 16 de setiembre de 1991.
* Parte de la Tesis de Ing. Agr. presentada por el segundo autor a la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.
** Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Miembro del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.
*** Arrocera Los Sauces. Heredia, Costa Rica.

general son inferiores a las que se utilizan en el secamiento por etapas (hasta 80°C) (Duval, 1972).

El grano de arroz puede quebrarse durante el secamiento; las consecuencias económicas de esto son significativas, ya que el valor del arroz quebrado se reduce a la mitad; además, es más susceptible a la infestación por insectos (Luh, 1980). Los pedazos que tengan menos de 3/4 partes de la longitud original de grano, constituyen el arroz quebrado (ICAITI, 1978).

En el secamiento 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. Esto a la vez causa reducciones concomitantes en la cantidad y en el valor de los productos y subproductos que se obtengan durante el beneficio.

Para evaluar estos efectos, la industria arrocera utiliza comúnmente 2 parámetros, a saber, el rendimiento de molienda y el índice de pilada. El primero describe la relación porcentual en masa del arroz elaborado con respecto al arroz en cáscara. El segundo, se refiere a la relación porcentual en masa de los granos enteros de arroz elaborado con respecto al arroz en cáscara. El ICAITI (1978) define arroz elaborado como "los granos enteros o quebrados a los cuales se les haya removido la cáscara (glumas), el embrión y el salvado"; en Costa Rica, se le llama semolina a este último subproducto.

Se ha determinado que la temperatura del aire de secamiento tiene relación directa con los daños causados al arroz (Thompson *et al.*, 1955; Dorfman *et al.*, 1980; De Datta, 1981).

El efecto de la temperatura del aire de secamiento y el de otros factores sobre los índices de rendimiento en arroz, ha sido estudiado en otros países (Henderson, 1955; Arboleda *et al.*, 1964; De Datta, 1981), mas no en Costa Rica. Por esto no se dispone de información específica sobre su efecto en el tipo de arroz, los cultivares en uso y el tipo de secado industrial que se realiza en el país.

Con anterioridad, Zeledón y Mora (1987) y Zeledón y Fernández (1991) comprobaron que en nuestro país se utiliza una gran diversidad de métodos para el secamiento del arroz, basados en combinaciones de los sistemas de secado en flujo continuo y por etapas. También, establecieron que se utilizan muy diversos criterios para la selección de las condiciones de secado, con resultados a veces muy desfavorables, en términos de altos incrementos en grano quebrado. Este conocimiento previo sobre el secado del arroz debe complementarse con información acerca de los efectos de las prácticas de secado sobre las variables de rendimiento.

Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la temperatura del aire de secado y de 2 modalidades de secamiento (continuo y en 2 etapas) sobre el rendimiento de molienda, el índice de pilada y otras variables. Las condiciones fueron seleccionadas para reproducir con la mayor fidelidad posible, las velocidades de secamiento y la homogenización de la masa de grano que tienen lugar durante el secamiento industrial.

MATERIALES Y METODOS

Generalidades

El estudio se llevó a cabo en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), de la Universidad de Costa Rica, durante la cosecha 1988-1989. Se utilizaron 4 lotes de arroz comercial (aproximadamente 100 kg/lote) tipo grano largo, provenientes de la zona sur del país. 2 lotes fueron de la variedad CR-5272, el tercero de la variedad CR-1113 y el último fue identificado como una mezcla varietal. El arroz fue obtenido a su llegada a la Arrocera Los Sauces, ubicada en Heredia. La humedad inicial de campo de los 4 lotes osciló entre 21 y 22% (b.h.). Posterior a la limpieza y homogenización, se separaron muestras de 10 kg de cada lote.

Secado de muestras

Para secar las muestras de 10 kg, se utilizó 4 secadoras de laboratorio, que operan en pares (un ventilador suple 2 unidades); cada una tiene una bandeja de madera con fondo de tela metálica. La regulación de temperatura en cada unidad se realiza con un reóstato, el que permite oscilaciones de ± 4°C cuando se las utilizan para calentar aire a 30°C, y de ± 3°C cuando lo calientan entre 45 y 75°C. Estos equipos han sido descritos en detalle por Carmona y Cháves (1984).

Con anterioridad los equipos de secado se calibraron para que las velocidades de secamiento fuesen similares a las usadas en el secado industrial del arroz en Costa Rica (Zeledón, 1981; Fernández, 1989).

Con la calibración finalmente adoptada en este estudio, las velocidades promedio de secado (puntos de porcentaje de humedad (b.h.) removidos por hora), fueron de < 0,50; 1,01; 1,49 y 1,92 para las temperaturas de aire de secamiento de 30, 45, 60 y 75°C, respectivamente. Detalles sobre los procedimientos para la calibración de estas secadoras pueden encontrarse en el trabajo de Mata (1990).

Tratamientos

El ensayo comprendió 8 tratamientos con 4 repeticiones, conformados por la combinación de 4 temperaturas del aire de secamiento, 30, 45, 60 y 75°C, y 2 modalidades de secado del grano, continuo y en 2 etapas.

En el secamiento continuo, la humedad inicial del grano (21-22%) se redujo hasta una humedad final cercana a 12%, en una operación ininterrumpida. En el secamiento por etapas, la humedad se extrajo en 2 etapas; en la primera, el grano se llevó hasta 16% y en la segunda, después de un período de reposo de al menos 14 h en recipientes plásticos herméticos, se redujo el contenido de agua del grano hasta aproximadamente 12%.

Para la aplicación de los tratamientos a un bloque fue necesario subdividir aleatoriamente los 8 tratamientos en 2 grupos de 4, constituido cada grupo por 2 tratamientos de secamiento continuo y 2 de secamiento por etapas. Cada grupo fue asignado aleatoriamente al primer o tercer día de la semana. Los tratamientos de cada grupo fueron asignados aleatoriamente a las 4 secadoras disponibles.

En los tratamientos de secado realizados a 45, 60 y 75°C, ya fuese en modalidad continua o por etapas, cada hora de secamiento constó de un período de 45 minutos de exposición del grano al aire desecante, seguido por un período de 15 minutos sin circulación de aire. Durante este período, la masa de grano se homogenizó a fin de simular un secamiento industrial uniforme. El secamiento a 30°C en ambas modalidades, se hizo sin interrupción alguna debido a la lentitud del mismo. Las muestras de grano seco fueron almacenadas a temperatura ambiente en bolsas de polietileno cerradas, hasta que se efectuaron los análisis de laboratorio (no antes de 4 semanas).

Análisis de laboratorio

Para determinar el rendimiento de molienda y el índice de pilada, así como para cuantificar la semolina y el grano quebrado, el grano seco se limpió nuevamente en una máquina "Carter dockage tester" y posteriormente se homogenizó. Se usó un divisor de precisión "Dean Gamet" para obtener 2 muestras de 1 kg para el análisis. Se utilizó una balanza electrónica con precisión de 0,1 g para cantidades entre 0 y 0,5 kg y con precisión de 0,5 g para pesos entre 0,5 y 2 kg.

Las muestras se pasaron por un descascarador McGill calibrado según las recomendaciones del fabricante, luego por un pulidor McGill No.3 durante 30 segundos con una pesa de 460 g.

La semolina se recogió y pesó inmediatamente, mientras que el grano pulido se colocó en envases plásticos debidamente cerrados para que se enfriara lentamente.

Para separar el remanente de semolina entre los granos, la muestra pulida se pasó por una criba con perforaciopnes circulares de 1 mm (2/64") de diámetro; la semolina así obtenida fue pesada y sumada a la semolina total. Posteriormente, se pesó la muestra de grano pulido.

El análisis de grano quebrado total fue hecho por triplicado en porciones de 100 g, con el uso de la criba No. 12 de un equipo separador marca "Burrows" (Rice Sizing Device). Del grano quebrado resultante se separó la porción de grano fino, usando la criba No.6 del mismo equipo.

El rendimiento de molienda y el índice de pilada fueron calculados de la forma usual, a saber, la relación en masa del arroz pulido o del arroz entero por cada 100 partes de arroz en cáscara.

Unicamente en el bloque 4 de este experimento se separó y se cuantificó el componente de "quebrado muy fino", que pasó en mezcla con la semolina al momento del pulido. Para esto la semolina se pasó por una criba con perforaciones circulares de 1 mm de diámetro, colocada en un agitador (Strand Sizer Shaker), ajustado a 60 oscilaciones/min. Se pesó el residuo sobre la criba, formado por pequeños trozos de grano y restos de cascarilla; posteriormente, con un equipo columnar de separación por aire, tipo "South Dakota", se separó estos 2 componentes. El análisis se realizó en 2 submuestras de 10 g. Con base en el porcentaje promedio de grano quebrado en las submuestras, se hizo una estimación de la cantidad de quebrado muy fino en la semolina. Tales cantidades fueron adicionadas a los rendimientos de molienda, para así obtener lo que se llamó "rendimientos ajustados".

Diseño experimental

Se usó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones en un arreglo factorial de 2 X 4, correspondiente a las 4 temperaturas del aire de secamiento estudiadas (30, 45, 60 y 75°C) y a las 2 modalidades de secado del grano (secamiento continuo y secamiento en 2 etapas). La significancia estadística de las diferencias entre las medias de los tratamientos, fue establecida con base en la prueba de Tuckey, al nivel de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSION

Temperatura y modalidad de secamiento

La temperatura del aire de secamiento afectó significativamente las variables estudiadas: rendimiento de molienda, índice de pilada, quebrado total y semolina total. Estos resultados concuerdan, en lo fundamental, con lo informado por Henderson (1955), Thompson *et al.* (1955) y De Datta (1981). La preponderancia de la temperatura del aire como el factor más relevante sobre el daño ocasionado al arroz durante su beneficio, ha sido demostrado por Zeledón y Mora (1987) y por Zeledón y Fernández (1991).

Las 2 modalidades de secamiento (continuo y 2 etapas), por el contrario, presentaron resultados estadísticamente similares, lo que indica que no hubo ningún beneficio en términos de calidad del arroz con el uso de 2 etapas de secado. Este resultado es de mucha importancia en nuestro medio, pues en algunas industrias se realiza el secado de esa forma. Al respecto, Zeledón y Fernández (1991) encontraron que en 2 arroceras que secaban en 2 etapas, el uso de períodos de temperado no fue suficiente para contrarrestar el efecto dañino de las altas temperaturas de secamiento.

La interacción entre los 2 factores no fue significativa.

Rendimiento de molienda

Según se aprecia en el Cuadro 1, se obtuvieron rendimientos de molienda significativamente diferentes e inferiores en los tratamientos de secado a 75°C. Los rendimientos de molienda a 60, 45 y 30°C, por etapas o continuo, no fueron diferentes estadísticamente. La disminución en el rendimiento de molienda causada por el empleo de elevadas temperaturas en el aire de secamiento también ha sido informada por Henderson (1955), Catambay *et al.* (1960) y Arboleda *et al.* (1964).

En el presente estudio se obtuvo una disminución promedio en el rendimiento de molienda de 1,7%, si se comparan los rendimientos de molienda promedio a 60°C (70,4%) con los rendimientos a 75°C (68,7%). Catambay *et al.* (1960) obtuvieron una disminución de rendimiento de 3,3% con el uso de temperaturas similares (60 y 71,1°C). Esta disminución fue casi el doble que la obtenida en este estudio, a pesar de que dichos autores usaron una temperatura máxima menor que la usada en el presente experimento. La discrepancia puede atribuirse a que ellos emplearon velocidades de secamiento mayores (2,91 y 3,52 puntos de porcentaje de humedad por hora a 60 y 71,1°C, respectivamente) que las utilizadas en este experimento (1,49 y 1,92 puntos de porcentaje de humedad por hora a 60 y 75°C, respectivamente). También puede tener importancia la sensibilidad diferencial de las variedades de arroz a condiciones severas de secado (Schmidt y Hukill, 1957; Warnock y Wright, 1983).

Según Hunt y Pixton, citados por Christensen (1982), el secamiento del arroz a altas temperaturas no causa pérdidas apreciables de materia seca, como consecuencia de la remoción de compuestos volátiles. Por lo tanto, la pérdida de rendimiento tiene su explicación en la incorporación de grano finamente quebrado en la semolina, según lo sugieren Arboleda *et al.* (1964).

El análisis de la semolina obtenida a partir de 16 muestras de arroz del bloque 4 del experimento, reveló la presencia de trozos de granos muy pequeños o "quebrado muy fino", sin importar el tratamiento aplicado al arroz del que se derivó dicha semolina (Cuadro 2). A temperaturas bajas (30 y 45°C) se recuperó en promedio 1,1 g/100 g de arroz granza, lo que equivaldría a 1,1% de rendimiento de molienda. Puede considerarse éste como un nivel normal de arroz quebrado muy fino. De la semolina extraída al arroz secado a 75°C, se recuperaron 3,92 g/100 g de granza, aproximadamente 3,5 veces el nivel normal. A 60°C se recuperó 1,5 veces el nivel normal.

El quebrado muy fino en la semolina hizo que la recuperación de este subproducto en el arroz secado a 75°C, fuera mayor que la recuperación de semolina en los otros tratamientos (Cuadro 1). Si se compara la cantidad adicional de quebrado muy fino (2,8 g/100 g de granza) con la pérdida promedio de rendimiento (2,5%) que se presentó a 75°C, se puede concluir que el incremento en quebrado muy fino que pasó en mezcla

Cuadro 1. Rendimiento de molienda, índice de pilada, quebrado total y semolina, en arroz secado bajo diferentes condiciones[1].

Temperatura del aire (°C)	Modalidad de secamiento	Rendimiento de molienda (%)*	Indice de pilada (%)**	Quebrado total (%)**	Semolina total (%)*
30	continuo	70,81[a]	63,46[a]	10,38[a]	8,22[a]
30	etapas	70,55[a]	62,22[a]	11,80[a]	8,48[ab]
45	continuo	70,63[a]	61,10[a]	13,49[a]	8,25[a]
45	etapas	70,61[a]	61,17[a]	13,36[a]	8,30[ab]
60	continuo	70,30[a]	45,93[b]	34,66[b]	8,05[a]
60	etapas	70,51[a]	43,43[b]	38,40[b]	8,15[a]
75	continuo	68,54[b]	29,21[c]	57,38[c]	9,78[c]
75	etapas	68,87[b]	30,67[c]	55,48[c]	9,50[bc]

Valores con letras semejantes son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey al 5%.
1 Promedios de 4 repeticiones
* Determinado por duplicado, para cada repetición.
** Determinado por sextuplicado, para cada repetición.

Cuadro 2. Recuperación de quebrado muy fino en la semolina y rendimientos de molienda ajustados, en arroz secado bajo diferentes condiciones[2].

Temperatura del aire (°C)	Modalidad de secado	Rendimiento de molienda (%)*	Quebrado muy fino (%)**	Rend. de molienda ajustados (%)
30	continuo	69,58	1,01	70,59
30	etapas	68,58	1,12	69,70
45	continuo	68,60	1,12	69,72
45	etapas	68,63	1,21	69,83
60	continuo	68,35	1,60	69,95
60	etapas	68,75	1,71	70,46
75	continuo	65,63	4,27	69,89
75	etapas	67,03	3,56	70,59

1 Datos obtenidos de la repetición 4 del experimento.
* Se analizaron dos muestras de 1 kg por tratamiento para obtener rendimiento de molienda y recuperación de quebrado muy fino.
* En g de quebrado muy fino /100 g de arroz granza, o lo que es igual, unidades porcentuales de rendimiento..

con la semolina explica adecuadamente la pérdida de rendimiento. En el Cuadro 2 se incluyen los valores de "rendimientos de molienda ajustados", que corresponden a la suma del rendimiento de molienda obtenido más el quebrado muy fino recuperado de la semolina. Los valores ajustados fueron prácticamente iguales, lo que indica claramente que los tratamientos de secado no produjeron pérdidas de materia seca detectables.

Los cambios en rendimiento atribuibles al uso de altas temperaturas de secamiento es otro de los aspectos a considerar cuando se seleccionen las condiciones de secado a utilizar en una empresa. La pérdida de valor puede ser considerable cuando arroz pulido pasa de ser un producto a convertirse en un subproducto. La pérdida de 2,5% de rendimiento determinada en este experimento puede tener importancia económica cuando se manejan grandes volúmenes de arroz. No obstante, como se indicará más adelante, ésta no es la pérdida de calidad o de valor de mayor importancia provocada por el uso de altas temperaturas de secamiento.

Indice de pilada

Una vez separado el arroz entero del quebrado, se calcula el índice de pilada. Además de la fracción de grano quebrado, se pueden separar los pedazos de arroz que por su tamaño pequeño se consideran un subproducto, conocido en Costa Rica como "puntilla". Queda así lo que estrictamente se denomina arroz quebrado en la Ley de Creación de la Oficina del Arroz y su Reglamento (Costa Rica. MAG-MEC, 1986). El arroz entero y el quebrado (sin "puntilla") conforman el arroz pilado que se destina al consumo humano.

El índice de pilada fue un indicador muy sensible a los cambios ocurridos en la calidad del arroz. Los índices de pilada obtenidos en arroz secado a 30°C (aunque un poco mayores), fueron estadísticamente similares a los obtenidos a 45°C, pero ambos significativamente diferentes a los obtenidos a 60 y 75°C (Cuadro 1). Comparados los 2 primeros con los índices de arroz secado a 60°C, se obtiene que hubo una reducción promedio cercana a 28% en la producción de arroz entero. Comparados estos valores con los obtenidos a 75°C, la reducción fue de aproximadamente 51%. Estos resultados reflejaron con holgura el efecto detrimental de las altas temperaturas de secado, en especial si se considera que el arroz entero es la fracción de mayor valor. Resultados similares fueron obtenidos por Henderson (1955), Schmidt y Hukill (1957), Arboleda *et al.* (1964), Warnock y Wright (1983) y Aguerre *et al.* (1986).

Catambay *et al.* (1960) obtuvieron menores índices de pilada que los obtenidos en este experimento, así, a 60°C obtuvieron una reducción del 50% y a 71,1°C de 58%. Posiblemente, de nuevo estos resultados reflejan el efecto detrimental de mayores velocidades de secado y la sensibilidad diferencial de las variedades al secamiento.

Rendimiento de arroz comercial

Recientemente, el primer autor de este artículo ha detectado la necesidad de que se utilice otro parámetro en la evaluación de la calidad del arroz, en respuesta a la legislación vigente en Costa Rica. Bajo las actuales circunstancias interesa determinar el rendimiento de arroz entero y arroz quebrado (sin "puntilla"). Esto tiene su origen en que el modelo de costos para la fijación de precios del arroz en el mercado interno, parte de supuestos de producciones promedio en los que se establece un total de libras de arroz entero y quebrado (sin subproductos) por cada 160 libras de arroz en cáscara, secas (12% b.h.) y limpias (0% de impurezas). Como se deriva de lo anterior, los modelos no utilizan el índice de pilada, ni el rendimiento de pilada. Por iniciativa de un empresario nacional, a este nuevo índice se le ha llamado "rendimiento de arroz comercial", nombre que describe bien la naturaleza del índice.

Los datos de este índice (Cuadro 3), indican que ocurrió una disminución de aproximadamente 10% en la producción de arroz comercial como efecto del secado a 60°C, y una disminución cercana a 30% con el secado a 75°C. Estos datos permiten analizar otro de los perjuicios que ocurren cuando se quiebra el arroz durante el secado; no solamente disminuye el rendimiento de molienda, sino que la producción de arroz comercial disminuye drásticamente (sin tomar en cuenta la relación entero y quebrado y su gran efecto sobre el precio) (Cuadro 1). El secamiento a 60°C no causó una reducción significativa del rendimiento de molienda, pero sí disminuyó en casi un 10% el rendimiento de arroz comercial. A 75°C, se pudieron detectar los 2 tipos de pérdida.

La disminución del rendimiento de arroz comercial se puede atribuir mayormente a un incremento en la producción de subproductos, lo que corresponde a un ligero aumento en la cantidad de semolina y a un aumento considerable en el grano quebrado fino o "puntilla" (separado con un plato dentado No. 6). Para efectos de análisis, el plato dentado a usar para la separación de este subproducto no está claramente definido en la Ley de creación de la Oficina de Arroz ni en su Reglameto respectivo, por lo que se siguió el procedimiento establecido por las normas de los Estados Unidos para el arroz de la zona sur (Estados Unidos. Department of Agriculture, 1977).

RESUMEN

Se estudió el efecto de 4 temperaturas del aire (30, 45, 60 y 75°C) y del secamiento en 2 etapas o continuo sobre la calidad molinera del arroz tipo largo producido en Costa Rica. Las condiciones de secado en el laboratorio pretendieron simular la velocidad de secamiento, la homogenización constante de la masa de grano y otros aspectos del secamiento industrial realizado con secadoras tipo columnar de acción mezcladora. No hubo diferencias significativas entre el secado

Cuadro 3. Promedios de "rendimiento de arroz comercial" obtenidos en arroz secado bajo diferentes condiciones.

Temperatura del aire (°C)	Modalidad de secado	Rendimiento de arroz comercial (%)*	Pérdida de rendimiento de arroz (%)**
30	continuo	68,15	-
30	etapas	67,70	-
45	continuo	67,40	-
45	etapas	67,43	-
60	continuo	61,45	9,19
60	etapas	59,98	11,36
75	continuo	46,55	31,21
75	etapas	48,76	27,94

* Partes de arroz comercial por cada 100 partes de arroz en cáscara. La fracción de quebrado separada y considerada como subproducto, correspondió a aquella separada con una criba No.6 (6/64" orificios circulares).

** Datos comparados contra rendimiento de arroz comercial promedio de los tratamientos a 30 y 45°C.

continuo y en 2 etapas, en ninguna de las variables de calidad molinera estudiadas. Una disminución significativa en el rendimiento de molienda y un aumento significativo en la extracción de semolina en arroz secado a 75°C, se atribuyó al aumento en la producción de trozos muy pequeños de arroz que pasaron a formar parte de la semolina. Los altos niveles de grano quebrado en arroz secado a 60 y 75°C afectaron significativamente los índices de pilada. La producción estimada de arroz comercializable (arroz entero y quebrado, sin puntilla) disminuyó aproximadamente un 10% en el arroz secado a 60°C y un 30% en el secado a 75°C. Este efecto se atribuyó principalmente al aumento en la producción de subproductos (puntilla y semolina), cuando el secado se realizó con aire a estas altas temperaturas. El secamiento a 40°C no alteró la calidad inicial del arroz.

LITERATURA CITADA

AGUERRE, R.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. 1986. Effect of drying on the quality of milled rice. Journal of Food Technology 21(1):75-80.
Tomado de: Rice Abstracts 11(3):1156. 1988.

ARBOLEDA, J.; CONCEPCION, F.; LIMCANGCO-LOPEZ, P.; CATAMBAY, A. 1964. Effect of drying air temperature and storage on the viability, milling recovery and nutrient contents of Peta rice variety. The Philippine Agriculturist 44(2/3):128-143.

CARMONA, J.; CHAVES, J. 1984. Sistema de secado de granos a nivel de laboratorio. Informe de práctica profesional. Bach. Ing. Agrícola. San José, C.R., Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingenieria. 155 p.

CATAMBAY, A.; DE PADUA, P.; ARBOLEDA, J. 1960. Drying of rough rice with heated air in flat bed dryers. The Philippine Agriculturist 44(2/3):67-79.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA; MINISTERIO DE ECONOMIA Y COMERCIO. 1986. Ley No. 7014 y su reglamento. San José, Oficina del Arroz. 27 p.

CHRISTENSEN, C. 1982. Storage of cereal grains and their products. 3 ed. Minnesota, American Association of Cereal Chemists. 51 p.

DE DATTA, S. 1981. Principles and practices of rice production. Singapore, Wiley & Sons. 618 p.

DORFMAN, E.; ROSA, J.; DA, V. 1980. Harvest time and drying temperature in rice quality. Lavoura Arroceira 33(316):69-74.
Tomado de: Field Crop Abstracts 34(11):984. 1981.

DUVAL, P. 1972. Secagem de arroz. Lavoura Arroceira 25(270):50-53.

ESTADOS UNIDOS. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. FEDERAL INSPECTION SERVICE. 1977. United States standards for rough rice, brown rice for processing, milled rice. Washington D. C. s.p.

FERNANDEZ, C. 1989. Relación entre el secado y el quebramiento del grano de arroz en seis molinos de Costa Rica, cosecha 87-88. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 53 p.

HENDERSON, S. 1955. The causes and characteristics of rice checking. Rice Journal 57(5):16-18.

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. (ICAITI). 1978. Arroz en cáscara. Métodos de ensayo y análisis-norma 34052 h6. Guatemala, ICAITI. 7 p.

JANICKI, L.; GREEN, V. 1976. Rice losses during harvest drying and storage. Il Riso 25(4):333-338.

LUH, B. 1980. Rice production and utilization. Connecticut, AVI Publishing Co. 926 p.

MATA, C. 1990. Efecto de la temperatura del aire de secamiento y dos modalidades de secado sobre el rendimiento de molienda y el índice de pilada del arroz. Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 77p.

SCHMIDT, J.; HUKILL, W. 1957. Effect of artificial drying on the yield of head rice and the germination of rice. Rice Journal 59(13):28-31.

THOMPSOM, J.; BROWN, A.; RAMAGE, W.; ROBERTS, R.; KESTER, E. 1955. Drying characteristcs of western rice. Colusa 1600 variety. Rice Journal 58(11):14,17,18,19,52.

UNIVERSIDAD DE FILIPINAS. ESCUELA DE AGRICULTURA. 1979. Cultivo del arroz; manual de producción. México, Limusa. 426 p.

WARNOCK, W.; WRIGHT, R. 1983. Effects of drying on rice milling quality. Arkansas Farm Research 32(6):4.

XUAN, V.; ROSS, V. 1976. Training manual for rice production. Philippines, International Rice Research Institute. 140 p.

ZELEDON, M. 1981. Relación entre el secado y el quebramiento del arroz en cinco molinos de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 33 p.

ZELEDON, M.; MORA, M. 1987. Relación entre el secado y el quebramiento del arroz en cinco molinos de Costa Rica. Agronomía Costarricense 11(2):163-168.

ZELEDON, M.; FERNANDEZ, C. 1991. Relación entre el secado y el quebramiento del arroz en seis molinos de Costa Rica (cosecha 1987-1988). Agronomía Costarricense 15(1/2).