

# EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SECADO TRADICIONAL DE CARDAMOMO EN DOS COMUNIDADES DE LA REGIÓN NORTE DE GUATEMALA

Ana Silvia Colmenares de Ruiz<sup>1</sup>,  
asruiz@uvg.edu.gt

Marisabel Morales Muralles<sup>2</sup>,  
mmoralesm@uvg.edu.gt

<sup>1</sup> Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios, Instituto de Investigaciones.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos, Facultad de Ingeniería.

## RESUMEN

En el procesamiento del cardamomo el secado es la operación unitaria más relevante porque determina el color del producto final, que es de mucha importancia como índice de calidad. La cápsula de cardamomo al momento de ser cosechada cuenta con un contenido de humedad del 75-80%, que debe bajar a un 8-12% en las primeras 36 horas para un almacenamiento seguro. El proceso de secado debe ser lo más corto posible para evitar el crecimiento de moho en las cápsulas y conservar el color verde brillante. En este estudio se evaluó el sistema de secado en dos secadores circulares de leña y dos adaptados con gas, localizados en los municipios de Senahú y Carchá en Alta Verapaz, Guatemala. Los resultados indican que los secadores circulares tienen un diseño que no permite el aprovechamiento energético por ser sistemas abiertos, lo cual da como resultado eficiencias menores de 35%. Entre los secadores evaluados, los de leña utilizados ampliamente en la región, presentan menores eficiencias que los adaptados con gas. El secador tradicional requiere una gran cantidad de leña para secar las cápsulas, además dificulta mantener la calidad del cardamomo por la variación de temperatura durante el proceso. El diseño de secadores de cardamomo sigue teniendo grandes oportunidades de mejora, lo cual podría ayudar a aumentar eficiencia, mejorar la calidad del producto, disminuir horas de secado y mantener los rendimientos esperados.

**PALABRAS CLAVE:** Cardamomo, proceso de secado, eficiencia de secador.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF TRADITIONAL DRYING SYSTEM OF CARDAMOM IN TWO COMMUNITIES OF GUATEMALAN NORTH REGION

Drying is the most relevant unit operation in cardamom processing because it determines the color of the final product, which is very important as a quality index. Cardamom capsules have 75-80% moisture content at the time of harvest, which must be brought down to 8-12% in the first 36 hours for safe storage. The drying process should be as short as possible to prevent mold growth on the capsules and preserve the bright green color. In this study the drying system was evaluated in two circular firewood dryers and two adapted with gas, located in the communities of Senahú and Carchá, in Alta Verapaz, Guatemala. The results indicated that circular dryers design does not favor energy use because they are open systems, which had efficiencies of less than 35%. Among the dryers evaluated, firewood dryers used widely in the region, present lower efficiencies than those adapted

with gas. The traditional drying system also requires a large amount of firewood and makes it difficult to maintain the quality of the cardamom due to the variation of temperature during the process. The traditional dryer design continues to have great opportunities for improvement, which could help increase efficiency, improve product quality, decrease processing hours, and maintain expected yields.

**KEY WORDS:** Cardamom, drying process, dryer efficiency.

## INTRODUCCIÓN

Generalmente, las operaciones de postcosecha del cardamomo consisten en lavado, secado, limpiado, pulido, clasificado y empaque. La cápsula de cardamomo al momento de ser cosechada cuenta con un porcentaje de humedad del 75-80%, que debe bajar a un 8-12% en las primeras 36 horas para lograr un almacenamiento inocuo (Balakrishnan, 2011).

En el procesamiento del cardamomo el secado es la operación unitaria más importante porque determina el color del producto final, que es de mucha importancia como índice de calidad. El proceso de secado debe ser lo más corto posible para evitar el crecimiento de moho en las cápsulas y conservar el color verde brillante. (Ilangantileke et al, 1993)

En Guatemala para el secado del fruto se utilizan diferentes tipos de secadores, sin embargo, de acuerdo con el análisis de la cadena de cardamomo no existen parámetros que definan la forma correcta de hacerlo. El principal problema en el eslabón de transformación es una práctica inadecuada en el proceso de secado. El secado con leña es el método tradicional utilizado en la región y generalmente requiere una gran cantidad de leña para secar las cápsulas. Este procedimiento de secado toma de 18 a 42 horas a una temperatura de 50-60 °C (Say, E. 2016). Además, el humo producido puede afectar el sabor del cardamomo dando como resultado una semilla de baja calidad. (Ranjan et al, 2018)

Un secador de granos debe reducir el contenido de humedad mediante la evaporación de una masa de agua, por lo tanto, la eficiencia se refiere a la relación entre el calor mínimo

necesario para evaporar dicha masa de agua y la cantidad de calor consumida. La disminución de la eficiencia se debe principalmente a pérdidas de calor del sistema hacia el ambiente. La saturación del aire también tiene un papel importante, ya que si la humedad relativa en el ambiente es elevada el mismo tendrá menor capacidad para ceder calor al grano y absorber su humedad. También es posible medir la eficiencia mediante las temperaturas del aire de secado, aire ambiente y aire usado (una vez sale de la cámara de secado). Entre mayor sea la diferencia entre el aire de secado y el usado, mayor será la eficiencia. (FAO, 1996).

La capacidad de secado es un parámetro comúnmente utilizado para referirse al desempeño de un secador. Además, permite comparar de forma sencilla uno o más secadores. La capacidad de secado se define como la cantidad de grano (húmedo o seco) que se obtiene del secador en un periodo de tiempo dado. Comúnmente se suele expresar en toneladas o quintales ya sea por hora o por día (FAO, 1996). La capacidad de secado se ve influenciada por: el contenido de humedad inicial, temperatura del aire de secado, tasa de secado, condiciones externas del ambiente, tamaño y condición del secador. La capacidad real del secador debe determinarse en el campo, ya que por los factores anteriores puede variar entre 70% y 80% con respecto a las especificaciones del fabricante. (Maier y Bakker-Arkema, 2002).

Con este estudio se tuvo como objetivo evaluar y comparar el desempeño de dos de los principales secadores que se utilizan en la región norte de Guatemala, determinando su eficiencia y capacidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características de los secadores

Para este estudio se evaluaron dos secadores circulares de leña y dos secadores circulares adaptados con gas, los cuales se encuentran en los municipios de Senahú y Carchá en Alta Verapaz, Guatemala. Los secadores están fabricados de metal y tienen una capacidad ideal de 40 quintales (1.81 toneladas), aunque pueden trabajar en un rango de 35 a 45 quintales (1.59 a 2.04 toneladas) de cardamomo cereza. Las dimensiones son de 3.00 metros de diámetro y 0.60 metros de profundidad. Tanto los secadores de leña como de gas poseen un ventilador cuya función es empujar el aire caliente por debajo del cardamomo. El motor del ventilador funciona con diésel, tiene una potencia de 14 Hp y 1200 RPM. Todos los secadores cuentan con una malla sobre la cual se coloca el cardamomo cereza, permitiendo que el aire caliente que circula por debajo pueda atravesar el producto, dando lugar al secado (Figura 1).

### Medición de las condiciones

La temperatura se registró durante el proceso completo de secado por medio de medidores LogTag modelo Trix-8, los cuales tienen un rango de medición de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$  y una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Se utilizaron 10 medidores de temperatura por secador, colocados en dos profundidades, usando la misma posición en cada ensayo (Figura 2). Los medidores del 1 al 5 se colocaron sobre la primera capa de cardamomo cereza, a una distancia de 10 a 13 cm de la malla, y los medidores del 6 al 10 se colocaron sobre la segunda capa de cardamomo, a una distancia de 14 a 15 cm de los primeros cinco. Por último, se cubrieron los medidores con una tercera capa de cardamomo, lo cual abarcó una profundidad de 14 a 15 cm.

Se utilizaron dos medidores adicionales para registrar la temperatura ambiente dentro del cuarto de secado (A1) y en



Figura 1. Secador tradicional de leña (a) y secador adaptado con gas (b).

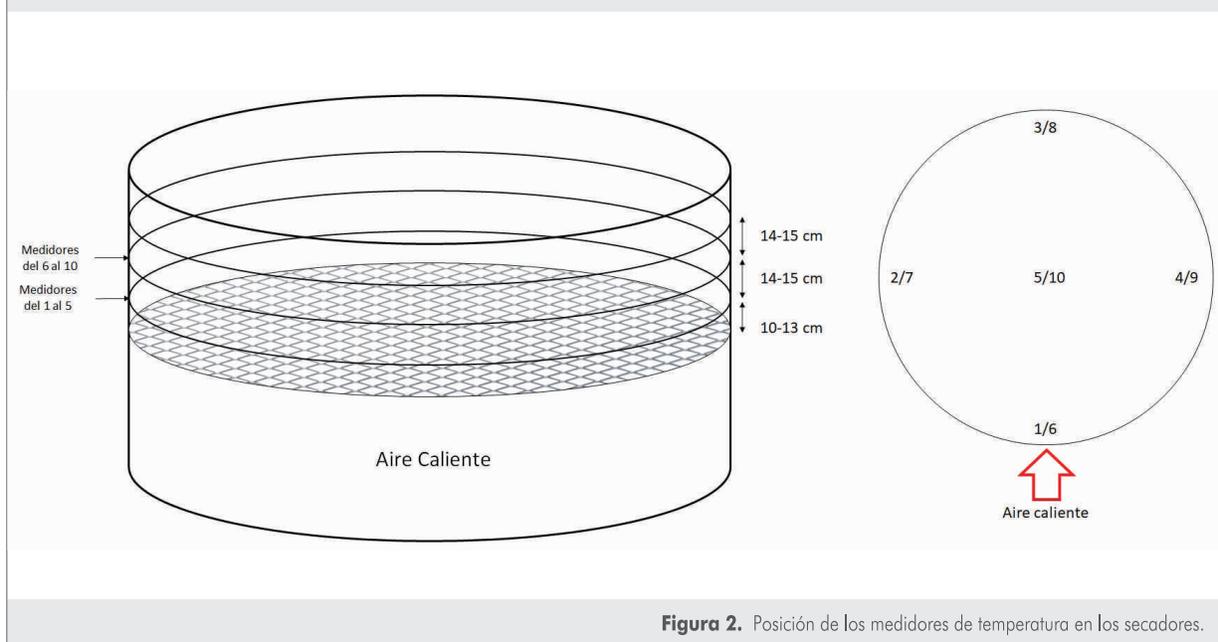


Figura 2. Posición de los medidores de temperatura en los secadores.

el exterior (A2), durante el proceso completo de secado. Las mediciones se hicieron en intervalos de 5 minutos en todos los casos.

La humedad relativa del ambiente, así como la temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco, se midieron a través de un

psicrómetro digital Extech, modelo RH300, con un rango de humedad de 0.0 a 100.0% y precisión de  $\pm 3\%$ ; y un rango de temperatura de  $-20.0$  a  $70^{\circ}\text{C}$  y precisión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación del proceso de secado

El cardamomo generalmente se cosecha durante el día, se recolecta por la tarde y se seca la misma noche. Sin embargo, en algunos casos, cuando el cardamomo empieza a escasear, puede ser que un secador deba esperar dos o tres días para reunir el suficiente producto. Un secador con menos de 35 quintales (1.59 toneladas) no resulta rentable debido a que se utiliza la misma cantidad de combustible e incluso mayor tiempo para alcanzar la humedad deseada, ya que se ha observado que cuanto menor sea la carga inicial, mayor será el tiempo de secado.

En las evaluaciones realizadas durante este estudio, el cardamomo cereza fue cortado durante el día, recolectado en la tarde y colocado en el secador la misma noche con el

objetivo de comparar los datos entre secadores. Para cada evaluación se midieron las condiciones iniciales de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa del ambiente y temperatura del aire caliente en el ingreso, lo cual se muestra en el cuadro 1.

Una vez se llena el tanque, el siguiente paso es encender el ventilador para eliminar el exceso de agua y después de una hora se inicia con la quema del combustible (leña o gas propano). La primera etapa de secado suele tener una duración de 20 a 26 horas y se marca por el momento en el que se realiza el “volteo” del cardamomo. Durante el volteo, las cápsulas se colocan nuevamente en costales, para luego agregar al tanque lo que estaba en la mitad superior primero y lo que estaba en la mitad inferior segundo. El volteo se hace con el objetivo de secar todo el cardamomo.

**Cuadro 1.** Condiciones iniciales y tiempos de secado.

Secadores	Leña 1	Leña 2	Gas 1	Gas 2
Ubicación	Senahú	Carchá	Senahú	Senahú
Fecha	28/01/2019	31/01/2019	11/12/2018	11/12/2018
Hora	19:25	18:50	18:22	18:22
Humedad relativa (%)	70.8	62.3	71.1	71.1
Temperatura bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ )	17.7	24.9	18.2	18.2
Temperatura bulbo húmedo ( $^{\circ}\text{C}$ )	14.2	19.8	14.9	14.9
Temperatura aire entrada ( $^{\circ}\text{C}$ )	45	60	42	40
Primera etapa de secado (h)	24.5	19.0	27.3	27.8
Segunda etapa de secado (h)	15.0	6.5	14.8	15.3
Tiempo total de secado (h)	39.5	25.5	42.0	43.0

**Cuadro 2.** Rendimiento y capacidad de secadores.

Secadores	Leña 1	Leña 2	Gas 1	Gas 2
Peso inicial (t)	1.91	2.18	1.69	1.70
Peso final (t)	0.44	0.34	0.42	0.44
Rendimiento (%)	23.1	15.5	24.9	25.8
Capacidad (kg/h)	48.46	85.63	40.27	39.47

En la segunda etapa el producto se seca hasta alcanzar el punto requerido, lo cual se identifica de forma empírica en base al color, textura y sabor, tanto por fuera como por dentro. Una cápsula de cardamomo pergamino debidamente seca debe sentirse dura y quebrarse con el impacto; y una vez abierta, el oro debe ser color negro, sin presencia de mucílago y con el sabor característico. Si la cápsula se siente suave, se dobla con el impacto, y por dentro el oro tiene un color grisáceo, presencia de mucílago y sabor dulce, significa que el cardamomo no ha llegado al punto de secado requerido. Esta etapa puede tener una duración de 10 a 16 horas, por lo que el proceso completo de secado puede tomar un tiempo de 30 a 42 horas. En el cuadro 1 se presentan los tiempos de cada etapa y del proceso completo de secado en cada una de las evaluaciones hechas. Los tiempos no fueron los mismos en cada evaluación lo cual se debe a que este resultado variará en función de diferentes factores como: 1) características del cardamomo cereza (variedad, humedad inicial, madurez, tiempo y forma de almacenamiento previo al secado), 2) carga inicial 3) combustible (tipo, cantidad, flujo) 4) condiciones ambientales (temperatura, humedad) y 4) personal operativo.

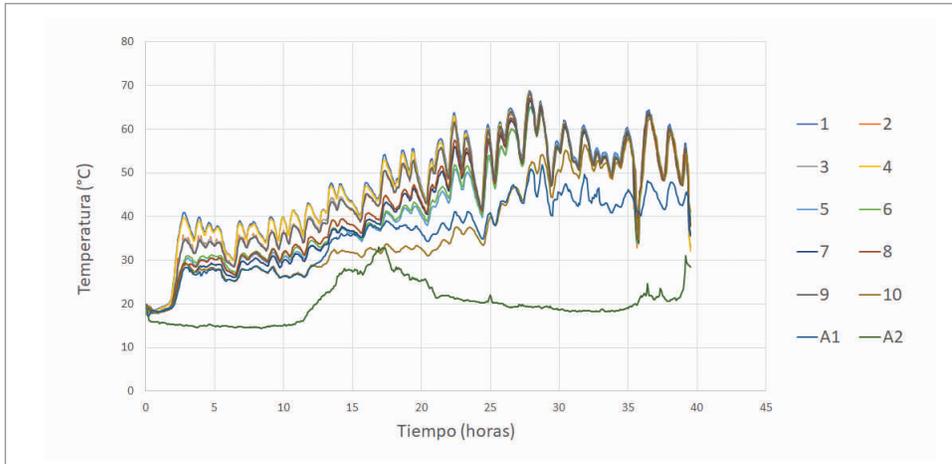
Al terminar el proceso de secado, el cardamomo pergamino se coloca nuevamente en costales, se pesa y se almacena para su posterior proceso. En general se considera como aceptable un rendimiento igual o mayor a 25%, lo cual de forma similar que el tiempo de secado, dependerá de varios factores. En el cuadro 2 se muestran los pesos y rendimientos obtenidos durante las evaluaciones.

En este caso se encontró que el secador de leña 2, aun cuando fue el de menor tiempo de secado también fue el de menor rendimiento; mientras que el secador de gas 2 tomó mayor tiempo de secado, pero también reportó el mejor rendimiento. Se observa también que el rendimiento del secador de leña 1 fue ligeramente menor a 25% y con un tiempo menor a los secadores de gas. Esto último se debe a que los secadores de gas tenían una carga inicial más baja que los de leña, lo cual aumenta el tiempo de secado.

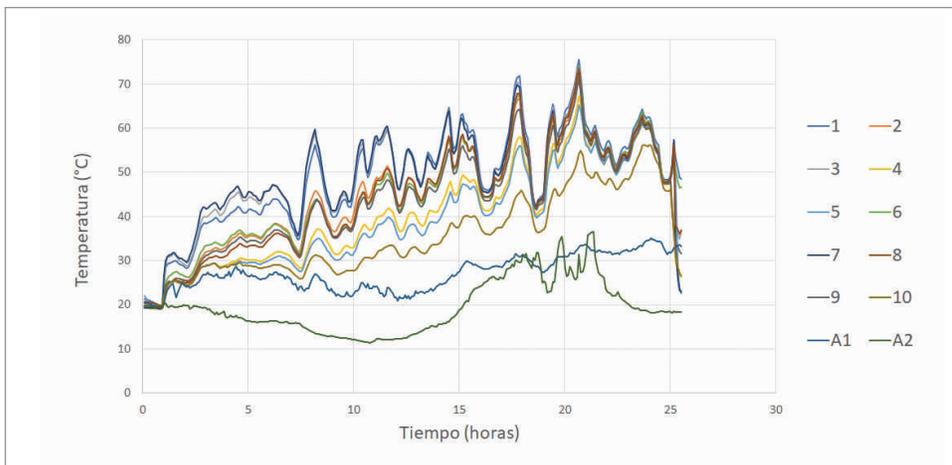
Se calculó la capacidad de los secadores de acuerdo con la carga inicial y tiempo que tomó terminar el proceso de secado, lo cual se muestra en el cuadro 2. La capacidad teórica de los secadores circulares es de alrededor de 50 kg/h, tomando en cuenta que se sequen 1814 kg (40 qq) en 36 horas, pero en la práctica se obtuvieron diferentes valores. El secador de leña 1 fue el que más se acercó al valor teórico, sin embargo, con el secador de leña 2 se obtuvo una capacidad mucho mayor porque se sobrecargó el secador y se manejaron temperaturas altas para reducir el tiempo.

Para evaluar el comportamiento de los secadores durante proceso, se colocaron registradores de temperatura según se explicó anteriormente. Con los datos obtenidos se hicieron las gráficas 1, 2, 3 y 4, en las cuales se observa que los secadores de gas mantuvieron temperaturas más constantes que los de leña. En los secadores de leña existen picos de temperatura durante todo el proceso debido a que la leña se va suministrando de forma manual. En este caso dependerá siempre de la persona que esté encargada, la constancia y cantidad de leña que coloque en el quemador. Se sabe que el secador de leña 2 tuvo un tiempo menor de secado que el secador de leña 1, lo cual tiene relación directa con las altas temperaturas que mantuvo el secador de leña 2, donde incluso se registraron picos que superaron los 70°C.

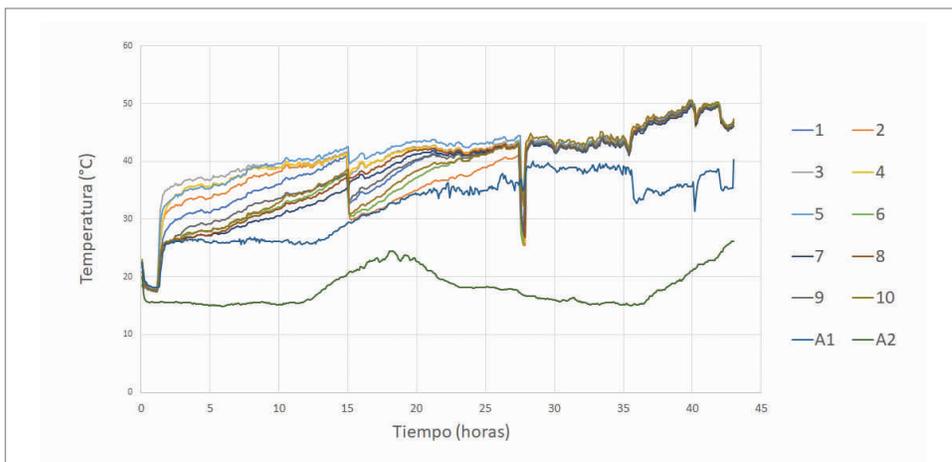
Los secadores de leña son los más utilizados para el proceso de secado del cardamomo en la región, sin embargo, esta práctica presenta inconvenientes. Desde el punto de vista de calidad, debido a la dificultad de controlar la temperatura con un secador de leña, existe una alta posibilidad de que el cardamomo se queme afectando directamente el color y su valor comercial. Además, el uso de leña para el secado de cardamomo promueve la tala ilegal de madera, lo cual representa un grave problema ecológico, económico y social, siendo uno de los mayores problemas asociados a la deforestación en Guatemala.



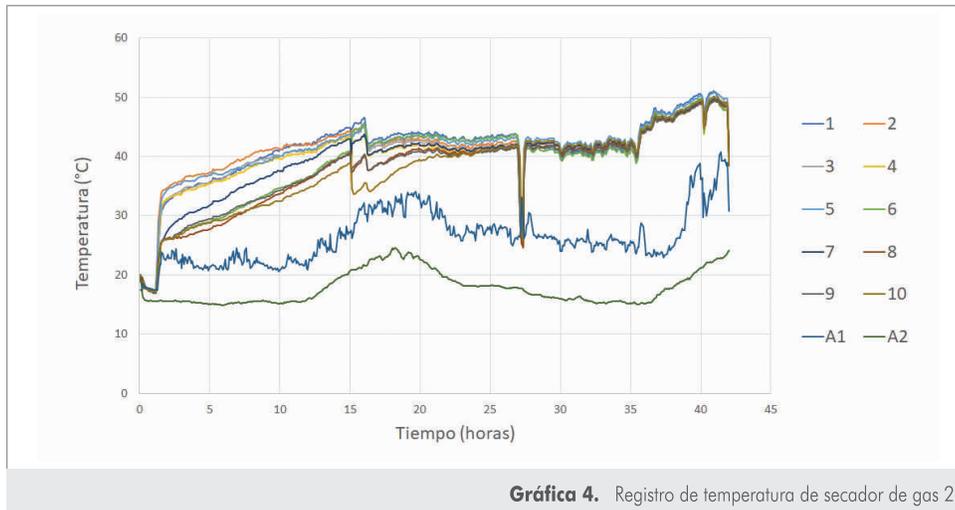
**Gráfica 1.** Registro de temperatura de secador de leña 1.



**Gráfica 2.** Registro de temperatura de secador de leña 2.



**Gráfica 3.** Registro de temperatura de secador de gas 1.



**Gráfica 4.** Registro de temperatura de secador de gas 2.

En cuanto a los secadores adaptados para funcionar con gas propano, se observó que la temperatura incrementa de forma constante hasta alcanzar 40°C aproximadamente, permaneciendo en esta temperatura durante 10 horas. Finalmente aumenta de 40°C a 50°C en las últimas 5 a 10 horas, alcanzando el punto óptimo de secado. Los secadores de gas se encienden al inicio y únicamente al llegar la etapa final se aumenta el flujo de gas para subir la temperatura, lo cual disminuye en gran medida el error humano. Esto permite que el producto final tenga una mejor calidad, ya que se seca de forma más homogénea evitando que se quemé el cardamomo.

### Eficiencia de los secadores

La eficiencia de los secadores se determinó como la relación que hay entre la energía mínima necesaria para evaporar el agua de una masa determinada de cardamomo y la cantidad de energía consumida realmente en cada evaluación. (FAO)

Para el cálculo de la eficiencia de los secadores de leña, se asume que se utilizó leña seca (40% de humedad) con un

poder calorífico de 3,500 kcal/kg, de acuerdo con los promedios considerados por la FAO. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el poder calorífico varía en función de la humedad y especie leñosa utilizada. Para calcular la eficiencia de los secadores de gas, se consideró el poder calorífico del gas propano inferior 11,065 kcal/kg. Para calcular la eficiencia se utilizó la siguiente ecuación:

$$Eficiencia = \frac{(Agua\ evaporada \cdot kg)(Calor\ latente\ agua \cdot kcal/kg)}{(Combustible\ usado \cdot kg)(Poder\ calorífico\ combustible \cdot kcal/kg)} * 100\%$$

Tomando los valores para el secador de leña 1, el cálculo de la eficiencia se hizo de la siguiente forma:

$$Eficiencia = \frac{(1472.11\ kg)(600\ kcal/kg)}{(3000\ kg)(3500\ kcal/kg)} * 100\% = 8.41\%$$

Las eficiencias de los secadores evaluados se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Eficiencia de los secadores de leña y de gas propano.

Secador	Peso inicial cardamomo (kg)	Agua evaporada (kg)	Consumo combustible (kg)	Eficiencia (%)
Leña 1	1914.29	1472.11	3000.0	8.41%
Leña 2	2183.67	1845.80	3375.0	9.38%
Gas 1	1691.16	1270.29	212	32.44%
Gas 2	1697.05	1259.41	216	31.59%

Como era de esperarse, las eficiencias de los secadores tanto de leña como de gas resultaron bajas. En la actualidad un secador moderno puede aumentar su eficiencia hasta 75% o incluso más. El diseño convencional de los secadores de cardamomo que se usan en la región no favorece el aprovechamiento de la energía, debido a que al estar abiertos no es posible usar el calor liberado dentro del proceso. Esto tiene relación con el hecho de que un secador con una carga inicial menor de 40 quintales de cardamomo tiene mayor tiempo de secado, ya que al haber menos producto en el tanque el calor se libera con mayor facilidad.

Al comparar los secadores de leña y de gas, hay una marcada diferencia de eficiencia resultante del tipo de combustible utilizado. El bajo poder calorífico de la leña en comparación con el del gas propano, tiene una relación directa con el alto

consumo de kg de leña comparado con el de gas, lo cual se observa en el resultado de la eficiencia. Es interesante que la eficiencia del secador de leña 2 resultó mejor que el de leña 1, contrario a la relación de los rendimientos (Cuadro 2). Esto implica que, al momento de diseñar el secador no se puede únicamente tomar en cuenta la eficiencia energética, sino que también el rendimiento que se obtenga del producto final.

De las evaluaciones realizadas, los secadores de gas tienen mejores eficiencias y a la vez mantienen rendimientos aceptables, así como temperaturas más homogéneas y constantes durante el proceso de secado. Sin embargo, el diseño del secador circular aún sigue teniendo grandes oportunidades de mejora, con lo cual se podría aumentar eficiencia, mejorar la calidad del producto, disminuir horas de secado y mantener los rendimientos adecuados.

## CONCLUSIONES

- Los secadores circulares evaluados tienen un diseño que no permite el aprovechamiento energético por ser sistemas abiertos, lo cual dio como resultado eficiencias menores de 35%, consideradas bastante bajas si se toma en cuenta que un secador moderno puede llegar a tener una eficiencia de 75% o más.
- Los secadores adaptados con gas evaluados presentaron mejor eficiencia que los secadores tradicionales de leña, además facilitan el control de calidad del producto terminado debido a que mantienen temperaturas más constantes y homogéneas durante todo el proceso.

## AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) por el financiamiento de este estudio a través del programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA) (Contrato IICA-CRIA-043-2018), ejecutado a través del Convenio de Cooperación Técnica y Administrativa 11-2015 suscrito entre el Ministerio de

Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-.

Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, por todo el apoyo, acompañamiento y seguimiento brindado durante la ejecución de este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

Balakrishnan, M., Raghavan, G. V., Sreenarayanan, V. V., y Viswanathan, R. (2011). Batch Drying Kinetics of Cardamom in a Two-Dimensional Spouted Bed. *Drying Technology*, 29(11), 1283-1290.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). Secado de granos y secadoras: <http://www.fao.org/docrep/x5028s/x5028s00.htm#Contents>

Ilangantileke, S. G., C. Karunarathne y M. Senanayake (1993) Effects of chemical pretreatment and drying temperatures on the commercial quality of cardamom (*Elettaria cardamomum*). *Journal of Food Quality*, 16, 451-470.

Maier, D. E., y Bakker-Arkema, F. W. (2002). Grain drying systems. Obtenido de: [http://www.uwex.edu/energy/pubs/GrainDryingSystems\\_GEAPS2002.pdf](http://www.uwex.edu/energy/pubs/GrainDryingSystems_GEAPS2002.pdf)

Ranjan, P. J.Achom, M. Prem, S. Chettri, P.T. Lepcha y T.B. Marak (2018) Study of different drying methods effect on quality of large-cardamom (*Amomum subulatum roxb*) capsules. *Multilogic in science*. 7(25)

Say, E. (2016) Análisis de la cadena de cardamomo. CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.