**EL SECADO DIRECTO E INDIRECTO DE PIÑA**

**THE DIRECT AND INDIRECT DRYING OF PINEAPPLE**

DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ Y GERARDO CABRERA

**PALABRAS CLAVE:**

Secado, cáscara de piña,

deshidratador solar, secador de

contacto directo, cáscaras de

frutas, velocidad de secado.

**KEYWORDS:**

Drying, pineapple shell, solar

dryer, dryer direct contact, shells of

fruits, drying speed

**RESUMEN**

*En este trabajo se evaluó el comportamiento de la velocidad de secado de*

*cáscara de piña mediante secado directo e indirecto. Los experimentos se*

*realizaron utilizando un deshidratador solar y un secador de contacto*

*directo a escala piloto. En el primer caso las condiciones ambientales son*

*las de candelaria en el valle del cauca y el segundo las de Manizales en*

*Caldas. Se hicieron mediciones de las variables de interés como, temperatu-*

*ra seca y húmeda a la entrada y salida de los equipos, velocidad del aire y*

*pérdida de humedad, éstas permitieron realizar las curvas de secado, obte-*

*ner una eficiencia de la operación de secado de cáscara de piña del 73%,*

*concluir que el secado directo tiene mayor eficiencia pero los costos se*

*incrementan, mientras la deshidratación solar son menores. La cinética de*

*secado en ambos sistemas se diferencia en los tiempos de secado.*

**ABSTRACT**

*In this work evaluate behavior of the speed of drying of pine apple residues*

*by means of direct and indirect dried. The experiments were made using a*

*solar dehydrator and a dryer of direct bonding on scale pilot. In the first*

*case the environmental conditions are of municipality Candelaria in the*

*department of Valle of the Cauca and the second of Manizales in department*

*of Caldas. Measurements of the variables of interest like, dry and humid*

*temperature to the entrance and exit of the equipment, speed of the air and*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Recibido para evaluación: Noviembre 16 de 2005. Aprobado para publicación: Febrero 27 de 2006

1 Msc., Universidad del Cauca, demunoz@unicauca.edu.co

2 Msc., Universidad del Valle,

Correspondencia: Deyanira Muñoz, e-mail: demunoz@unicauca.edu.co

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Vol 4 No.1 Marzo 2006

59

*loss of humidity became, these allowed to make the drying curves, to obtain an efficiency of the operation of drying*

*of, to obtain an efficiency of the operation of drying of pineapple residue of 73%, to conclude that the direct drying*

*has greater efficiency but the costs are increased, while the solar dehydration is smaller. Kinetic of drying in the both*

*systems difference in the masking times.*

**INTRODUCCIÓN**

La operación de secado de frutas y residuos vegetales,

involucra mecanismos de transferencia de materia y ca-

lor, estos se controlan para manejar un proceso

ecoeficiente y obtener un producto de mejor calidad.

Los parámetros de interés en una operación de secado

son: actividad del agua, transferencia de materia y ca-

lor, difusión de la humedad y curvas de secado (1,2).

La eliminación de agua se da en una serie de etapas

diferenciadas entre sí por la velocidad de secado, la

etapa inicial ocurre cuando el producto y el agua en él

contenida se calientan ligeramente. Posteriormente se

produce una reducción importante del contenido en

agua a velocidad de secado constante, ésta etapa tiene

lugar a temperatura constante (bulbo húmedo del aire).

En general la etapa de velocidad de secado constante

finaliza al alcanzarse la humedad crítica; luego se pre-

senta uno o varios períodos de velocidad de secado

decreciente. La humedad crítica se identifica por el

cambio brusco de la pendiente en la curva de velocidad

de secado. (1,3)

La reducción de humedad en los alimentos es uno de

los métodos más antiguos utilizados de conservación,

al reducir el contenido de agua se elimina la posibilidad

de su deterioro biológico y otros mecanismos asocia-

dos a él. El secado de productos de agrícolas ha sido

un método ampliamente utilizado por países desarrolla-

dos y en vía de desarrollo, pero el tema toma vigencia en

el sentido de manejar procesos ecoeficientes, es decir

cerrados, sin impactos y económicamente rentables, esto

implica aplicar herramientas de ingeniería, como son

las variables de diseño de proceso.

En Europa, desde la primera guerra mundial se ha ve-

nido trabajando en los procesos de deshidratación de

vegetales por medio de máquinas especiales, Pero du-

rante la Segunda Guerra Mundial estos procedimien-

tos alcanzaron un desarrollo notable. Los procedi-

mientos actuales, muy superiores a todos los usados

antes, mantienen el color y la contextura de los ali-

mentos. (3)

En Colombia se ha implementado el uso de secadores

de carbón y gas, con el fin de obtener mayor cantidad

de grano seco en menor tiempo en el secamiento de

granos de café, en el Valle del Cauca y en Caldas se

han construido secadores solares, se han construido

curvas de secado con sus respectivos análisis, pero

no se han confrontado curvas de secado directo e in-

directo que establezca limites de operación entre siste-

mas de secado, que aprovechando diferentes fuentes

de energía tienen el mismo fin de retirar humedad (4).

En este trabajo se evalúa el comportamiento de la pér-

dida de humedad en una cáscara piña, las fases y pe-

riodos que presente las curvas de secado al utilizar

secador solar y de contacto directo y luego se plantea

el posible limite de operación de acuerdo al comporta-

miento dado por este parámetro.

**MÉTODO**

**Método 1.** Pérdida de humedad en una cáscara piña

con secador de contacto directo.

**Materiales y equipos:**

 Producto a secar (cáscara de piña)

 Secador directo de bandejas con su equipo de control

 2 Termómetros de bulbo, seco y húmedo

 Mufla

 Crisol de porcelana

 Balanza

 Cronómetro

 Anemómetro

 Cuchillos

 Guantes de carnaza

   **Procedimiento:**

El procedimiento para operar secador de bandejas con

aires a través consiste en:

1. Calcular el contenido inicial de agua en el material

a secar

60

2. Identificar y revisar general del equipo

3. Encender electrónico del secador

4. Encender del soplador y calentar del equipo

5. fijar la temperatura de secado

6. Revisar del flujo de aire y accesorios del equipo

7. Cargar de cáscaras de piña en almíbar sobre las

bandejas y introducción en la cámara de secado

8. Tomar registro de los diferentes datos y realizar

los respectivos cálculos.

**Método 2.** Pérdida de humedad en una cáscara piña

con deshidratador solar

 **Materiales y equipos:**

Deshidratador solar de 8 colectores

Balanza

Cuchillos

Termómetro de bulbo húmedo y seco

Medidor de radiación solar

Anemómetro

Producto a secar (cáscara de piña)

 **Procedimiento:**

El procedimiento para operar el desecador solar fue:

1. Se determinar el contenido inicial de agua de la

cáscara de piña, mediante método gravimétrico

2. Se caracterizó el aire para conocer las condicio-

nes iniciales y finales de temperatura y humedad

relativa del aire requerido, con base a datos

metereológicos de la estación de Candelaria

3. se cargó la bandejas con 5 Kg de cáscara de piña

4. Se utilizó un periodo de secado de 5 a 6 horas

5. Se usó intervalos de perdida de peso y de tempe-

ratura a la entrada y salida de la cámara entre 10 y

90 min

6. Con los datos obtenidos se elaboraron curvas de

contenido de humedad con el tiempo, velocidad de

secado con el contenido de humedad y temperatura

al entrada de la cámara e irradiación contra el tiempo.

**RESULTADOS Y ANÁLISIS**

**Metodo 1.** Secado por contacto directo,

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Vol 4 No.1 Marzo 2006

cálculos de la humedad en base seca (x), el peso de

sólido seco Ls =0.086 Kg determinado por método

gravimétrico en mufla y el cálculo de la velocidad de

secado (R). Tomando un área superficial expuesta de A

= 0.15 m². Para los 10 primeros minutos se obtiene

(5):*5* = −*/V* (*;* 2 −*;*1) = 0.64 Kg agua/h m²

*$* *W* *W*1

Ec. (1)

En el Cuadro 2, se reporta las condiciones del aire de

entrada y de salida utilizado durante la operación de

secado.

Teniendo en cuenta que la masa perdida por la cáscara

de piña (HPP), es el agua, entonces se puede expresar

como (6)

*+33* =*3 L* −*3 I* Ec. (2)

Donde:

Pi = Peso inicial = 0.686Kg

Pf = Peso final de piña= 0.248 Kg

HPP = Pi - Pf = 0.668Kg - 0.248 Kg = 0.440Kg Agua

(humedad perdida por la cáscara de piña)

Cálculo de la humedad ganada por el aire:

La velocidad promedio (V) del aire durante el experi-

mento fue: U = 1.7 m/s = 6120 m/s y el área del flujo

para el aire de A = 0.0491 m2 , se obtiene el caudal Q =

300.49m3/h., el flujo másico (M =230.62 Kg /h) se

expresa en función del caudal Q (m3/h) y el volumen

específico húmedo del aire Vh = 1.3030 m3/Kg leído

en la carta psicrométrica. (5)

Con base en las condiciones del aire de salida: T = 53

y Tw = 25, Se encontró que Y´s = 0.01212 y Y'e

=0.01159 Kg H2O / Kg de aire seco, entonces la hume-

dad ganada por el aire (HGA) se expresa como:

*+\*$* =*0* ⋅ (*<* ’*V* −*<* ’*H*)⋅θ =

230.62.(0.01212 − 0.01159) \* 6 = 0.7734*.J*

Ec. (3)

Según el balance de materia la humedad perdida por la

cáscara de piña debe ser igual a la humedad ganada

por el aire; Por lo tanto la ecuación del balance de mate-

ria resultante es:

En el Cuadro 1 se reportan los datos de secado de cás-

cara de piña obtenidos en intervalos de 10 minutos, los

*3 L* −*3 I* =*0* ⋅ (*<* ’*V* −*<* ’*H*)⋅θ

Ec. (4)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tiempo(min) | Pesodeproducto(gr) | HumedadkgH2O/kgSS | Vel. sec2kgH2O/m hr |
|  |  |  |  |
| 0 | 686 | 6.9767 | - |
| 10 | 670 | 6.7907 | 0.64 |
| 20 | 658 | 6.6512 | 0.48 |
| 30 | 640 | 6.4419 | 0.72 |
| 40 | 629 | 6.3140 | 0.44 |
| 50 | 615 | 6.1512 | 0.56 |
| 60 | 605 | 6.0348 | 0.4 |
| 70 | 592 | 5.8837 | 0.52 |
| 80 | 581 | 5.7558 | 0.44 |
| 90 | 574 | 5.6744 | 0.28 |
| 100 | 562 | 5.5349 | 0.48 |
| 110 | 545 | 5.3372 | 0.68 |
| 120 | 532 | 5.1860 | 0.52 |
| 130 | 510 | 4.9302 | 0.88 |
| 140 | 493 | 4.7325 | 0.68 |
| 150 | 476 | 4.5349 | 0.68 |
| 160 | 464 | 4.3953 | 0.48 |
| 170 | 454 | 4.2791 | 0.4 |
| 180 | 438 | 4.0930 | 0.64 |
| 190 | 413 | 3.8023 | 0.71 |
| 200 | 395 | 3.5930 | 0.72 |
| 210 | 380 | 3.4186 | 0.6 |
| 220 | 371 | 3.3139 | 0.36 |
| 230 | 359 | 3.1744 | 0.48 |
| 240 | 348 | 3.0465 | 0.44 |
| 250 | 337 | 2.9186 | 0.44 |
| 260 | 328 | 2.8139 | 0.36 |
| 270 | 310 | 2.6046 | 0.72 |
| 280 | 295 | 2.4302 | 0.6 |
| 290 | 276 | 2.2093 | 0.76 |
| 300 | 265 | 2.0814 | 0.44 |
| 310 | 255 | 1.9651 | 0.4 |
| 320 | 250 | 1.9070 | 0.2 |
| 330 | 248 | 1.8837 | 0.08 |
| 340 | 245 | 1.8488 | 0.06 |
| 350 | 246 | 1.8605 | 0.04 |
| 360 | 248 | 1.8837 | 0.081 |

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Vol 4 No.1 Marzo 2006

Comparando los resultados de la humedad ganada por

el aire y la humedad perdida por la cáscara de piña se

obtiene: HPP = 0.440 Kg y HGA = 0.7734 Kg con un

porcentaje de error de: 43.1%

La capacidad dinámica del secador se calculó como

(6,7):

61

*&'* =

**Cuadro 1.**  Secado de cáscara de piña deshidratada

*3I*

θ

=

0 . 440*.J*

6*KU*

=

0.04731 kg de cáscara de piña seca/hr Ec. (5)

Cálculo de la eficiencia de la operación de secado (6,7):

Contenido real de agua del producto = 0.87464\*0.686

Kg. = 0.600 Kg Ec. (7)

Agua total evaporada en la operación = (0.686 - 0.246)

Kg. = 0.440 Kg. Ec. (8)

Eficiencia = 0.600 kg. \* 100 = 73.3%

0.400 kg Ec. (9)

La Figura1 muestra las curvas de secado obtenidas para

cáscara de piña sometida un secamiento por contacto

directo de aire por lo tanto en la figura 1a se muestra la

perdida de peso del producto con el tiempo y la figura

1b muestra la perdida de humedad a través del tiempo,

la cual presenta una tendencia muy similar a las curvas

típicas, donde la humedad desciende exponencialmente

desde 7 kgH2O/KgSS hasta alcanzar la humedad de equi-

librio de 2 kgH2O/KgSS.

Se presenta las cuatros fases cuatros fases de secado:

en la primera fase ascendente el calor eleva la tempera-

tura de la cáscara de piña y del liquido asociado a la

pulpa adherida en ella, sin embargo esta primera fase la

velocidad de evaporación no es tan rápida como se apre-

cia en las gráficas. La ultimas fases, segunda constan-

te y tercera fase decreciente se identifican con mayor

claridad e indican que la velocidad y la temperatura tie-

nen valores máximos y constantes y la superficie de la

cáscara de piña aun permanece húmeda.

La Figura 1c, muestra la rapidez de variación de la velo-

cidad de secado con respecto al contenido de hume-

dad, en ella se puede tomar un periodo de velocidad

constante y uno decreciente (postcritico), el primero va

**Gracias por evaluar Wondershare PDF Converter Pro 4.0.5.**

**Sólo puedes convertir 5 páginas en la versión de prueba.**

**Para conseguir la versión completa, pide el programa desde:**

[*http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=1032&m=db*](http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=1032&m=db)