

SECADO DE PRODUCTOS AGRICOLAS CON INTERCAMBIADORES
DE PLASTICO AGUA-AIRE

A.Iriarte*,J.Sequi y A.Amaya
INENCO",Unidad de Investigación Catamarca
Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa.
C.C. 189 - 4700 - Catamarca

RESUMEN

Los estudios realizados hasta el presente demuestran la factibilidad técnica de secar productos agrícolas mediante el aporte de calor proveniente de colectores solares de agua, particularmente del tipo poza solar.

En ese sentido, en el presente trabajo se describe las características de diseño y constructivas de un secadero que utiliza agua caliente como fuente térmica para el secado de productos agrícolas.

El calentamiento del aire de recirculación para el secado, se realiza mediante el intercambio de calor a través de intercambiadores de superficie plástica de 100 micrones de espesor por cuyo interior circula el agua caliente.

Se analiza el comportamiento de las partes constructivas del sistema durante el secado de zanahoria y cebolla, explicitando las características del proceso y el balance térmico para cada producto, usando una fuente convencional para el calentamiento del agua.

1.- INTRODUCCION

En trabajos anteriores (1), (2) se ha analizado la factibilidad de secar productos fruti-hortícolas utilizando una poza solar como fuente de energía térmica e intercambiadores de calor agua-aire, de superficie plástica (polietileno de 100 micrones), como componente de bajo costo, fácil mantenimiento

*Miembro de la carrera de Investigador del CONICET

Instituto UNSa.-CONICET

Unidad del INENCO en Catamarca-UNCa.- UNSa.- CONICET

no corrosivo y con eficiencias comparables con los fabricados con materiales convencionales.

Para tal fin se diseñó y construyó un secadero modular que incluye un módulo de impulsión, uno de intercambio de calor y un recinto de secado donde está ubicado el producto.

A efectos de conseguir una adecuada homogeneización del aire en circulación por los canales de conducción de recinto de secado y a través de los intercambiadores de calor, se incorporaron pantallas deflectoras regulables.

Durante la campaña 1986, en los meses de Febrero-Marzo se realizó un ensayo de secado de pimiento pimentero y uva para pasa, con el prototipo de secadero propuesto en el trabajo anterior (2), usando como fuente térmica la poza solar ubicada en la Universidad Nacional de Catamarca. De la evaluación de los resultados obtenidos se desprende, que si bien el sistema respondió a las expectativas, se podía mejorar sensiblemente el rendimiento del mismo actuando principalmente sobre los plenos de estabilización. Esto obligó a rediseñar los ensambles y modificar parte de los módulos.

2.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

A los fines de optimizar el sistema integral se debe tener en consideración cuatro factores principales propios de este tipo de secadero que son: el intercambio de calor agua-aire, la impulsión y homogeneización del fluido caliente, el intercambio de calor aire-producto y el que corresponde a

la colección-acumulación del calor en la poza solar de cloruro de sodio.

La investigación respecto a encontrar el punto de máxima eficiencia solo se podrá lograr si se cuenta con un diseño compuesto por módulos intercambiables que permitan disponerse según las alternativas más favorables a los fines propuestos.

Los problemas de estabilización y homogeneización detectados en el sistema modular del primer diseño (2) no podían ser corregidos sin una previa redistribución de los módulos, razón por la cual se originó esta nueva disposición que a los fines del acoplamiento mutuo entre las partes exigió modificaciones de diseño.

La actual disposición contempla un acoplamiento en serie de los módulos partiendo de la unidad de impulsión, pasando por el sistema de intercambio agua-aire, el recinto de secado y retorno por la parte inferior de los intercambiadores.

Las experiencias anteriores nos demostraron que la eficiencia de transferencia aumenta significativamente cuando aumenta la velocidad de circulación del aire a través de los intercambiadores. Dado que el caudal de aire que impulsa el ventilador es prácticamente constante, la posibilidad de lograr tal situación la tendremos si se reduce la sección transversal de los ductos de circulación. Esto se consiguió dividiendo longitudinalmente el sistema, en dos partes, una superior y otra inferior de manera tal que constituyen dos ductos unidos en un extremo por un ducto semicircular y en el otro por el ventilador centrífugo (Fig. N° 1). De esta manera el aire impulsado por el ventilador pasa por la mitad superior de los intercambiadores y del módulo de secado retornando por la parte inferior de ambos módulos hacia el pleno de succión de la unidad de impulsión, donde está ubicada una toma regulable para la aspiración de aire fresco para la renovación.

El módulo de intercambio está constituido básicamente por intercambiadores de polietileno, de 100 micrones de espesor, de forma rectangular de 0,40 m por 1,3 m de ancho y alto respectivamente.

Estos se agrupan en dos paquetes de 12 unidades planas cuya disposición permite una separación de 2 cm entre ellas.

El agua caliente es bombeada a un recipiente de estabilización dispuesto en la parte superior de los intercambiadores a los fines de su distribución homogénea. Este sistema permite además, regular el caudal de alimentación de cada intercambiador mediante un dispositivo tipo exclusiva, que a su vez sirve de filtro para retener las impurezas antes de entrar en el mismo.

El recinto de secado está constituido por 8 bandejas cada una de 1 m² de superficie disponible para la carga de producto y ubicadas en dos niveles que se corresponden con los ductos superior e inferior descritos anteriormente. Una serie de pantallas deflectoras dispuestas entre las bandejas que canalizan el aire caliente a través del producto lográndose una adecuada distribución y un mayor coeficiente de transferencia entre ambos.

La impulsión del aire se realiza mediante un ventilador centrífugo de eje horizontal con motor de 2 HP ubicado en uno de los extremos del secadero constituyendo el nexo de unión entre el ducto superior e inferior. En el pleno de estabilización, luego del módulo de impulsión y antes de la entrada al módulo de intercambio, esta ubicada una compuerta regulable que permite la salida del aire húmedo al exterior.

En consecuencia con esta nueva disposición de los módulos el aire atraviesa primeramente la mitad superior del módulo de intercambio donde alcanza la temperatura adecuada, un sistema de pantallas de tela de polietileno doble dispuestas en abanico lo distribuye homogéneamente pasando por el grupo de 4 bandejas superiores. Mediante un ducto semicircular que conecta convenientemente ambos grupos de bandejas, el aire es canalizado para pasar a través de las 4 bandejas inferiores, y mediante las mismas pantallas en abanico se lo conduce a la boca de succión del ventilador para reiniciar el ciclo pasando previamente por la parte inferior de los intercambiadores recuperando parte del calor perdido en la transferencia con el producto.

Puede además un sistema de renovación de aire para mantener el nivel óptimo de humedad del mismo.

3.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

A los efectos de comprobar el funcionamiento integral del sistema se realizaron dos ensayos experimentales utilizando productos con características diferentes entre sí en cuanto a su contenido de agua y materia seca como son la zanahoria y la cebolla.

Ambos productos se introdujeron en el secadero montados en rodajas de espesor constante (3mm para zanahoria y 5mm para cebolla) utilizando para ello una máquina tipo cortadora de fiambres.

Las bandejas se cargaron en ambos ensayos con capas delgadas de producto, cubriendo toda la superficie de la misma y con un espesor no mayor de 2 a 3cm.

En el caso del ensayo de zanahoria, se cargaron solamente 4 bandejas (dos superiores y dos inferiores) que sumaron un total de carga de 36,75 kg a los efectos de evaluar rápidamente el funcionamiento del sistema y hacer las correcciones y ajustes correspondientes.

En este sentido, en las figuras 2 y 3 se muestra la variación de la temperatura y humedad relativa del aire en distintos puntos del circuito de recirculación, conductos superior (alimentación) e inferior (retorno). En ellas se advierte que en el inicio del ensayo, las variaciones de las temperaturas de entrada de agua no incide significativamente en la temperatura del aire a través del grupo de intercambiadores en su parte superior, cuando el sistema está en régimen, la variación de temperatura del aire, se correlaciona con las variaciones de temperatura del agua de entrada a los intercambiadores. Este efecto se manifiesta claramente en la temperatura del flujo de aire de retorno a su paso por los intercambiadores.

En cuanto a la humedad relativa del aire dentro del secadero se advierte un régimen estacionario, es decir muy poca variación en cada punto de medición, a lo largo del tiempo de ensayo, salvo hacia el final del mismo, donde hay una marcada estabilización de los valores de humedad como conse-

cuencia de la disminución de la velocidad de extracción.

En la figura Nº 4 se muestra la fracción en peso húmedo promedio, de las muestras testigos en función del tiempo de secado, entendiéndose por ello, la relación entre el peso de la muestra en un determinado instante con respecto al peso inicial de la misma.

En la figura Nº 5 se muestra la pérdida de humedad específica del producto en función del tiempo. En ella se observa como las inflexiones de las curvas se corresponden lógicamente con las variaciones de la velocidad de secado (fig. Nº 6) ocurrida como consecuencia de la variación en la temperatura de entrada a los intercambiadores del agua. En esta última se advierte que no existe una velocidad constante de secado característica que suele presentar estas curvas durante un cierto período de tiempo.

En la tabla I se muestra el balance térmico del sistema para el secado de zanahoria y cebolla obteniéndose una eficiencia de intercambio aire-producto de un 61,9% para la primera y un 52,9% para la segunda.

4.-CONCLUSIONES

En líneas generales el sistema presentó un comportamiento muy superior al diseño propuesto en el trabajo anterior (2) especialmente en lo que se refiere a la distribución y homogeneización del flujo de aire, lo que contribuyó significativamente a mejorar los coeficientes de transferencia de intercambio agua-aire, en las películas de plástico, llegando a valores superiores, en algunos casos, al promedio explicitado en la tabla I.

El sistema de canalización del aire a través del producto es también un elemento que permitió aumentar la velocidad de secado, lográndose una distribución pareja del mismo.

El mayor inconveniente que se observó en el sistema es la diferencia de temperatura del aire a la entrada de las bandejas ubicadas en el canal superior con respecto a las ubicadas en el inferior, lo que produce una velocidad de secado menor en este último que obliga a intercambiar la posición de las bandejas.

Si bien esto estaba previsto, por las características del diseño, los valores observados superaron los esperados.

5.-REFERENCIAS

(1) A. Iriarte, S.B. de Biagi et al "Intercambiadores de calor con superficie plástica para secado solar". Actas VIII Reunión de ASADES 1983.

(2) A. Iriarte, E. de Buenader, et al "Secadero solar de bajo costo con colectores de agua: diseño y ensayo térmico". Actas IX Reunión de ASADES 1984.

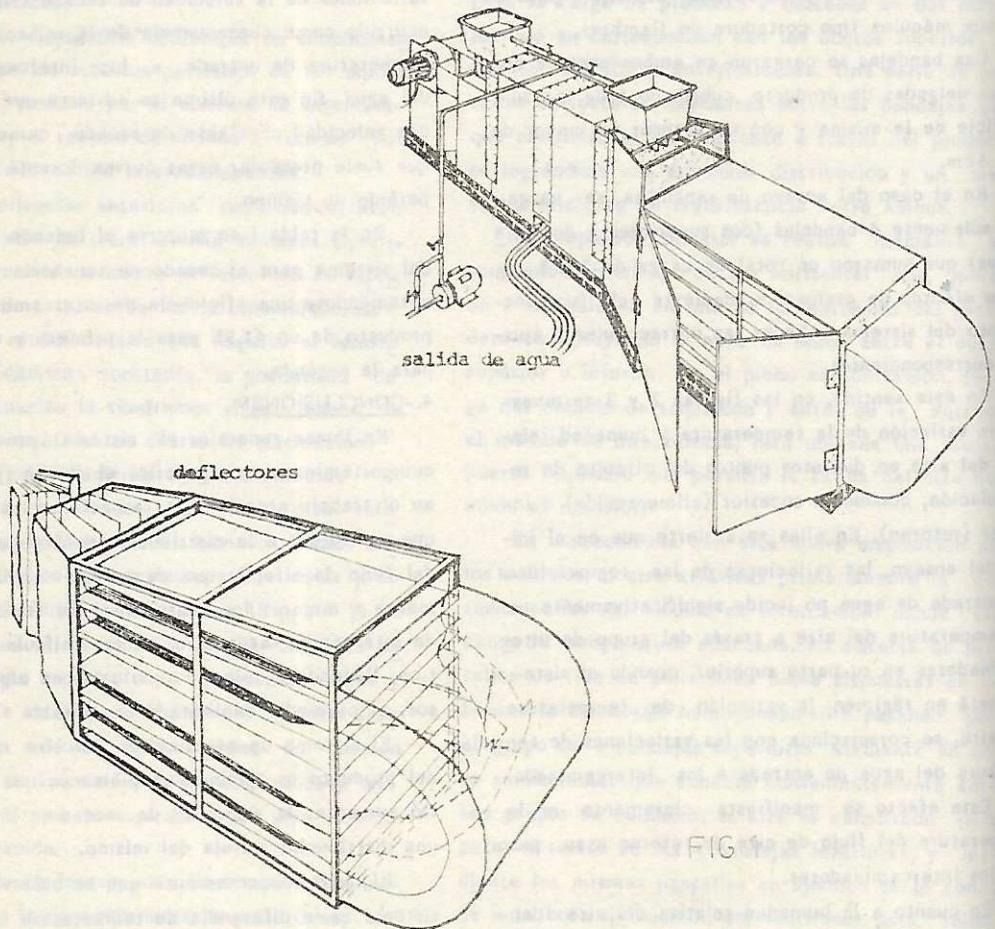
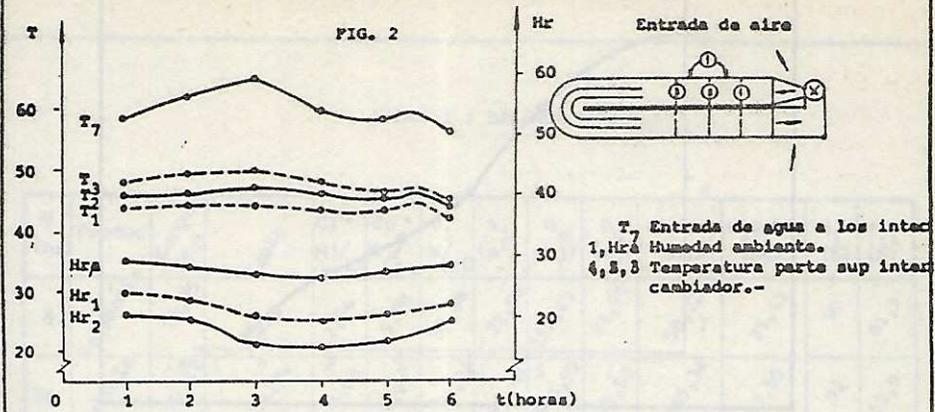
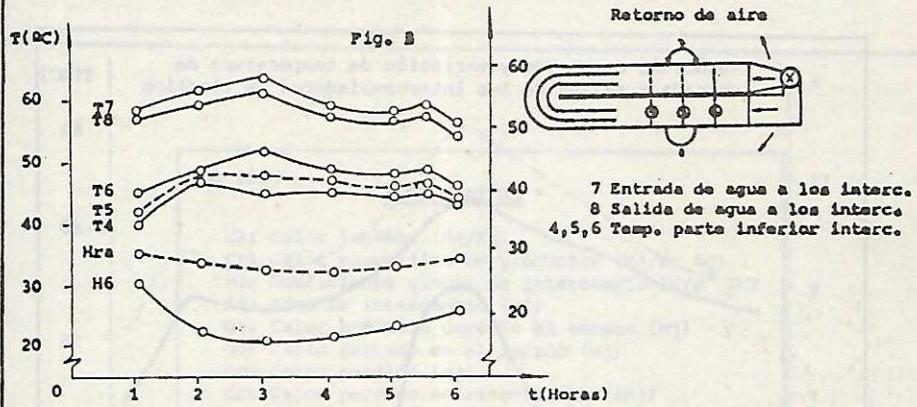


FIG 1

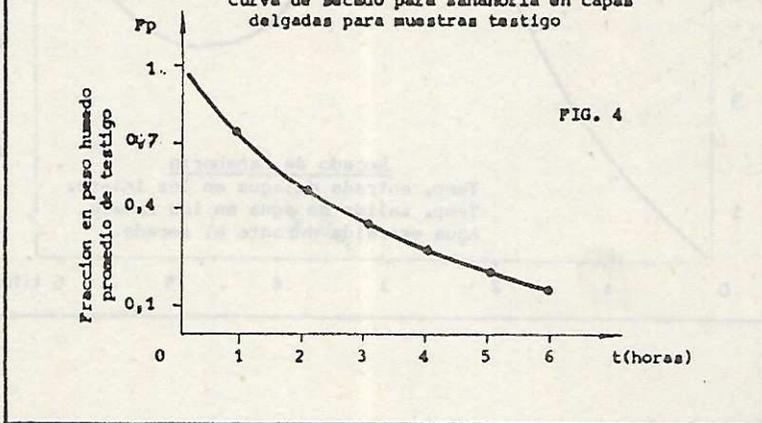
Variación de temperatura y humedad durante el secado de Zanahoria



Variación de temperatura y humedad durante el secado de Zanahoria



Curva de secado para zanahoria en capas delgadas para muestras testigo



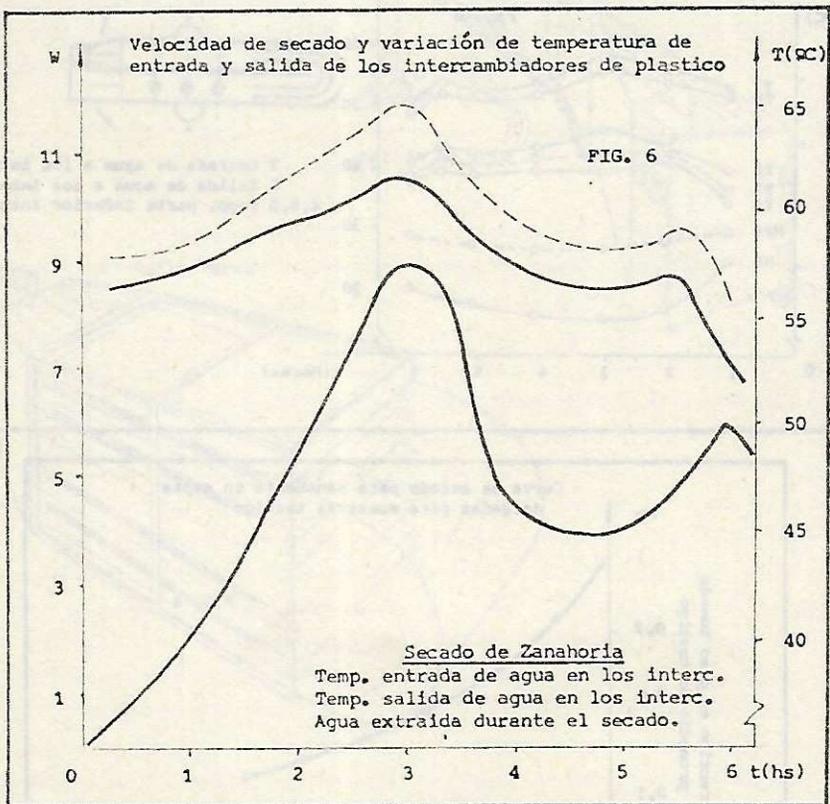
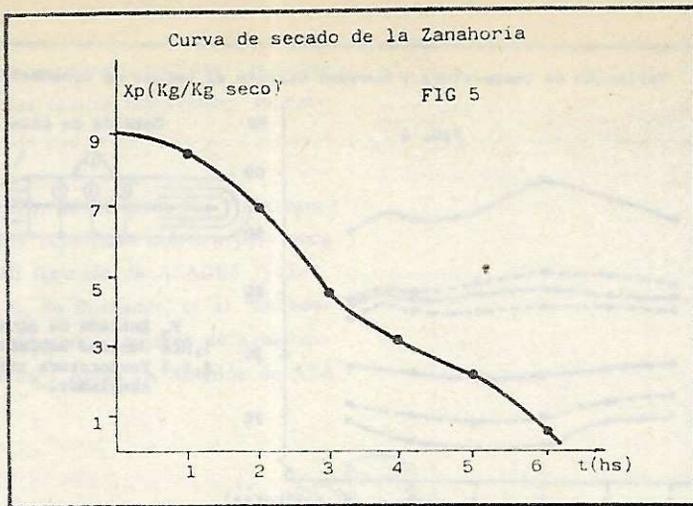


TABLA I : BALANCE TERMICO

T (hr)	Produc.	Carga (Kg)	Capas	Cl • Mj/Kg	Cp • Kj/ m ² °C	U ₁ W/ m C	A ₁ (m ²)	Q _a (Mj)	Q _u (Mj)	Qp+Qr (Mj)	H ₂ O Evp (Kg)	H ₁ (%)	η ₁ (%)
6	Zanahoria	36,75	Delg.	2,94	3,78	30,88	22,88	152,63	94,97	58,22	31,13	90	61,9
19	Cebolla	99,21	Delg.	3,08	3,92	30,88	22,88	520,99	275,62	245,34	87,50	92	52,9

• Ajuste por porcentaje de agua Ref. "R.A Earle, Ing. de alimentos.-

• NOMENCLATURA •

- Cl: Calor latente (Mj/Kg)
- Cp: Calor específico de productos (Mj/Kg °C)
- U₁: Coeficiente global de intercambio (W/m² °C)
- A₁: Area de intercambio (m²)
- Q_a: Calor aportado durante el secado (Mj)
- Q_u: Calor gastado en el secado (Mj)
- Q_p: Calor perdido (Mj)
- Q_r: Calor perdido en renovaciones (Mj)
- Evp: Agua evaporada (Kg)
- H₁: Humedad inicial del producto (%)
- η₁: Eficiencia térmica del secado (%)