

## PRUEBAS DE SECADO EN UN EQUIPO DE LABORATORIO

V. Passamai, L. Saravia<sup>1</sup>.  
INENCO-Universidad Nacional de Salta.  
Buenos Aires 177. 4400 Salta.

### Resumen

El secado solar de pimiento para pimentón se ha realizado en secaderos pasivos (1) y en túneles de tipo invernadero adaptados para su funcionamiento como secaderos (2).

En este trabajo se muestran algunos resultados obtenidos a partir de experiencias de secado de pimiento para pimentón, realizadas en un secadero a escala de laboratorio.

Las experiencias se plantearon con objeto de determinar las condiciones de temperatura, humedad y radiación bajo las cuales el proceso de secado de un producto particular puede garantizar la obtención de un alimento apto para el consumo humano. En tal sentido se prestó especial atención en encontrar las condiciones que puedan ser consideradas peligrosas desde el punto de vista de la aparición de hongos u otros organismos que degraden la calidad final del producto seco.

Se describen las condiciones de trabajo en el equipo, mostrándose las dificultades encontradas para lograr el control de algunas variables críticas del proceso, como por ejemplo la humedad relativa dentro del túnel.

### Control de las condiciones de secado

La experimentación en laboratorio permite realizar el seguimiento del proceso de secado bajo condiciones constantes de las variables radiación, temperatura, humedad y velocidad del aire, en la medida en que el túnel donde se realicen cuente con posibilidades para su control, captación de datos y almacenamiento. La variación de las mismas en forma paramétrica permite explorar condiciones óptimas para el secado, así como verificar aquéllas para las cuales el producto sufre un deterioro o el secado se demora en exceso.

Cada producto conduce a resultados que le son característicos, dentro del margen de tolerancia que se puede admitir por las distintas variedades que se someten a prueba, así como las condiciones particulares de la cosecha (lluvias, terreno de origen, uso de fertilizantes, etc.). Admitiendo que es posible obtener resultados significativos para los parámetros de control fijados en valores determinados, cuando se elige un producto para la realización de las experiencias, aún cuando quepan las observaciones señaladas, se decidió realizar el estudio de las curvas de secado (peso, temperatura y humedad versus tiempo) para un producto de uso intensivo en la zona del noroeste argentino como es el pimiento para pimentón. También se realizaron algunas determinaciones para los denominados "calahorra" y "negral".

<sup>1</sup> SAPIU-CONICET.

## Secadero de laboratorio

En un trabajo anterior (3) se describió detalladamente el equipo experimental que se usó para la realización de las experiencias de secado. La Figura 1 muestra el aspecto general del mismo, sus dimensiones y detalles de la cámara de secado con la bandeja para producto y el vidrio que hace de tapa.

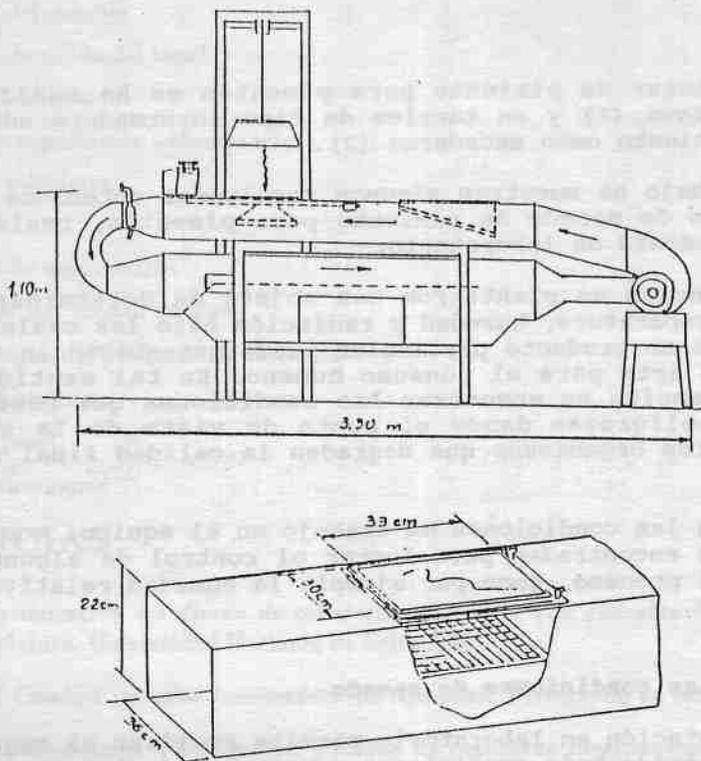


Fig. 1: Túnel de secado de laboratorio.

Para efectuar la captación del peso que disminuye en función del tiempo, se introdujo un sistema automático de lectura mediante la adaptación de un sensor electrónico de desplazamiento sobre el plato de una balanza mecánica, usada como elemento sensible para la sujeción de una bandeja de producto por medio de un hilo desde la base de la balanza, mediante un gancho previsto para tal fin (4).

La regulación de la temperatura se efectúa por medio de una resistencia eléctrica que puede dar una potencia máxima de 600 W, y va interpuesta en la corriente de aire siendo alimentada mediante tensión alterna de línea, modificada convenientemente mediante un variac.

La humedad del aire, para el caso en que es necesario simular condiciones de alta humedad, se puede aumentar mediante un vaporizador de agua consistente en un recipiente de plástico donde se coloca agua de red y lleva sumergidas dos placas metálicas de 1,5 mm de espesor y 11

cm de largo por 1,5 cm de ancho, conectadas a un variac que toma la tensión de línea. Regulando convenientemente la tensión se obtienen distintas velocidades de vaporización. No obstante, la humedad del aire se logra aumentar luego de un período de inercia de veinte minutos. El equipo no consta de condensador y la humedad se elimina gracias a las pérdidas producidas a través de orificios que no fueron tapados para permitir un balance de aire húmedo que sale y fresco que entra.

Una lámpara de 1000 W de potencia, colocada por encima de la cámara de secado que va cubierta por un vidrio y láminas de plástico transparente, permite simular la acción de la radiación solar con valores de hasta 800 W/m<sup>2</sup>, medidos a nivel de la bandeja de producto con un solarímetro (valores totales que no reflejan la naturaleza de la distribución espectral).

Dos ventiladores permiten obtener velocidades del aire entre 0,2 m/s y 1,8 m/s, medidas con un sensor de hilo caliente.

El producto va colocado sobre una bandeja de 0,1 m<sup>2</sup> de superficie, de forma cuadrada, sostenida por un marco de aluminio, que pivota sobre un apoyo y es suspendida al gancho de la balanza en otro extremo.

### Resultados experimentales

Como parte de un trabajo que se lleva a cabo en el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, se realizó desde principios de 1991 la búsqueda experimental sistemática de las condiciones óptimas del secado solar de pimiento para pimentón, habida cuenta que se conocía que el mismo puede experimentar una degradación por quemado si se superan temperaturas de alrededor de 55 °C o el secado con manchas cuando la humedad es alta y la temperatura y/o radiación incidente son bajas.

En principio, por lo tanto, se realizaron las primeras experiencias tratando de evitar las condiciones de altas temperaturas o muy bajas, dirigiéndose los esfuerzos a la búsqueda de la cinética del secado en términos de las variables antes mencionadas.

En marzo de 1992, con motivo de la realización de una campaña de experiencias a escala de campo, se realizaron ciclos de secado en un invernadero-secadero (5).

Una de tales experiencias condujo a la obtención de un producto con una elevada contaminación de hongos del tipo "Aspergillum" (6), identificados por las típicas manchas coloreadas del moho y la formación de colonias de aspecto aterciopelado. La Figura 2 muestra cuáles fueron las condiciones de temperatura, humedad relativa y radiación durante dicho proceso.

La búsqueda bibliográfica (7) alertó sobre la posibilidad de existencia de *Aspergillus flavus*, productor de flavotoxina, altamente peligrosa para la ingesta humana, que no es eliminada por posterior tratamiento a altas temperaturas del producto infectado. Si bien los análisis efectuados no arrojaron resultados positivos sobre el dicho microorganismo, se siguió el criterio establecido en la norma bromatológica por la cual el procesamiento de alimentos debe realizarse de modo que se garantice la eliminación de aquel potencialmente

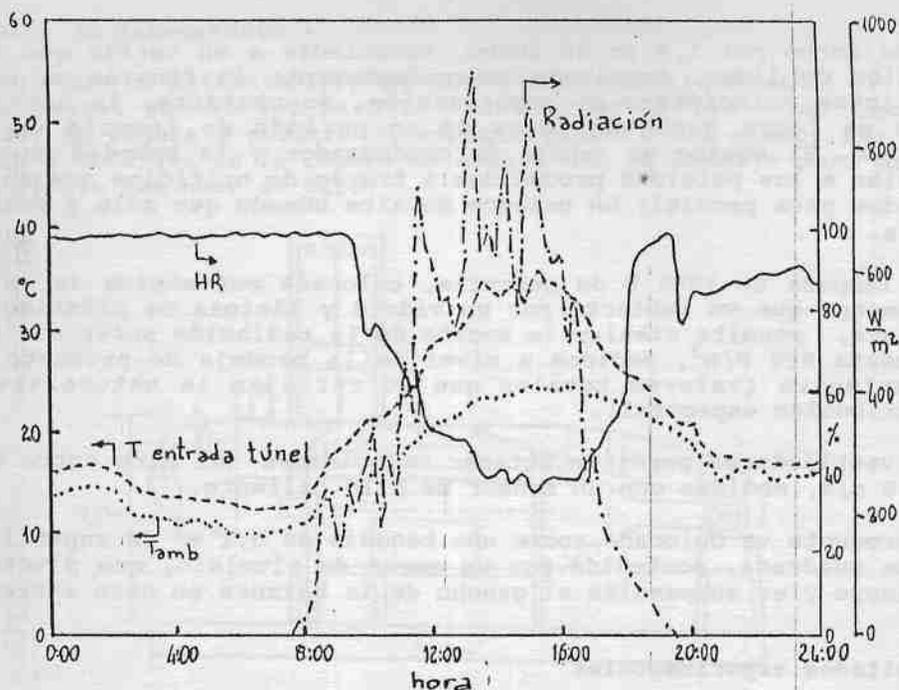


Fig. 2: Datos tomados en invernadero-secadero.

más peligroso. Esta pauta motivó un enfoque diferente para estudiar el presente problema, iniciándose la búsqueda de las condiciones de laboratorio que fueran favorables para el crecimiento de hongos en el pimiento durante el secado.

Si bien la bibliografía se refiere a las condiciones de crecimiento y desarrollo de estos hongos en términos generales, haciendo mención a temperaturas por debajo de los 25 °C y humedades relativas altas, resultó conveniente efectuar las experiencias para ligar el secado con las condiciones que son esperables en el proceso usado en los secaderos-invernaderos.

La inspección de los datos mostrados en la Figura 2 indica temperaturas del ambiente cercanas a los 10 °C y humedades del 100 % durante horas de la noche.

Experiencias de secado en condiciones de temperatura y humedad adecuadas no condujeron al desarrollo de hongos.

A continuación se realizaron experiencias de secado en el laboratorio con condiciones de temperatura entre los 25 °C y 37 °C y humedades entre 70 % y 50 % respectivamente, sin que se lograra observar desarrollo microbiano aún cuando el proceso de pérdida de agua del producto se vió sensiblemente demorado (véanse las Figuras 3 y 4).

Se encontró que condiciones mínimas de radiación directa sobre el producto aceleran notablemente la pérdida de agua, en idénticas condiciones de temperatura y humedad que las citadas en el párrafo anterior.

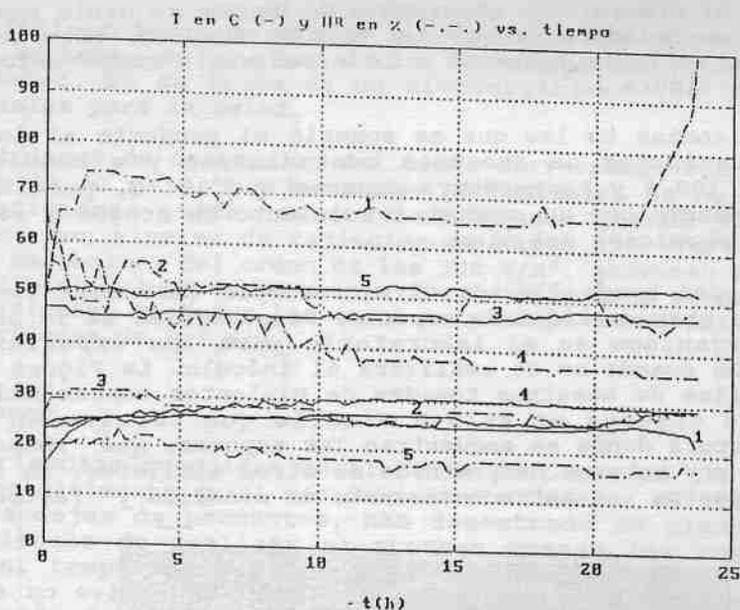


Fig. 3: Condiciones de temperatura y humedad para distintos procesos de secado llevados a cabo en el laboratorio (los números indican la experiencia de que se trata).

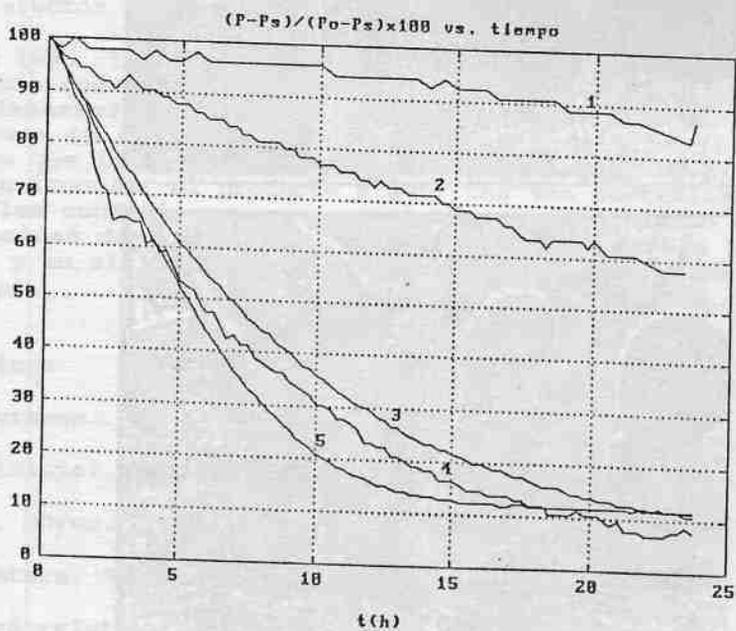


Fig. 4: Curvas de pérdida relativa porcentual de peso para los productos sometidos a las respectivas condiciones de la Figura 3.

Para lograr el crecimiento observable de hongos se debió realizar una experiencia en heladera, a 10 °C y 70 % de humedad. Esto confirmó la sospecha que se tenía respecto a la experiencia cuyos datos se mostraron en la Figura 2.

Otras experiencias en las que se sometió el producto al inóculo con hongos provenientes de muestras contaminadas y a condiciones de humedad del 100 % y temperatura menores que 30 °C, permitieron obtener un producto con un profuso crecimiento de hongos y se logró la rápida descomposición del mismo.

Una muestra del hongo llevada al microscopio (100 aumentos) permite observar una gran cantidad de esporas, responsables de la propagación del microorganismo en el laboratorio para las experiencias siguientes, aún cuando no se realizara el inóculo. La Figura 5 muestra dos fotografías de muestras tomadas de pimientos contaminados. En la superior se observa un talo o micelio que termina en una zona esférica oscura donde se encuentran las esporas, que rodean además este objeto por haberse desprendido de otros similares. La fotografía inferior muestra un entrecruzamiento de micelios y restos de las

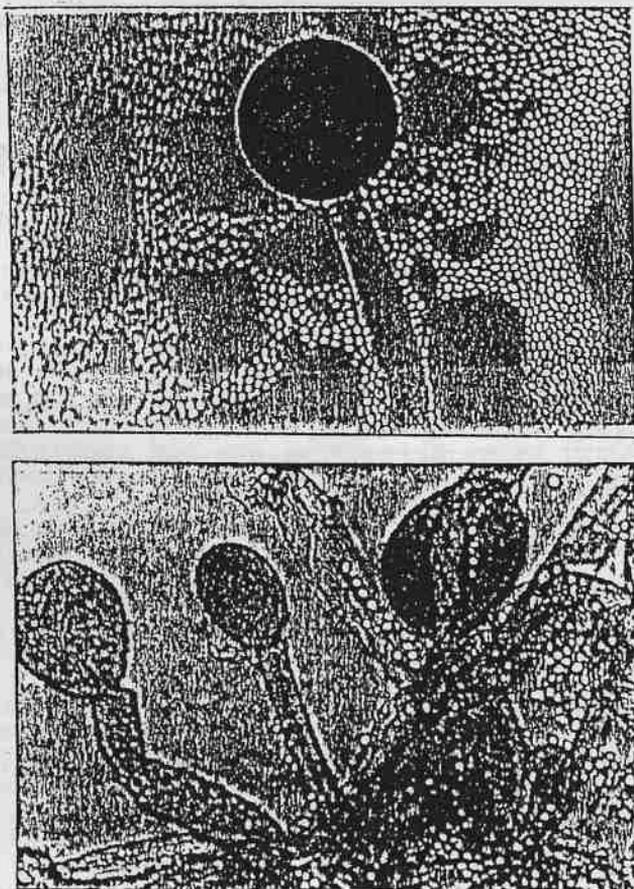


Fig. 5: Fotografías del hongo *Phycomycetes* desarrollado en pimiento secado en laboratorio.

zonas esféricas luego de perder las esporas. De acuerdo con (8) se trata de un hongo de la clase de los Phycomycetes, probablemente del género Mucor. No se trata de un microorganismo que tenga efectos perjudiciales para la salud.

Las condiciones de desarrollo del hongo correspondieron a temperaturas entre 10 °C y 38 °C y humedades porcentuales de no menos del 50 %, no pudiéndose evitar su crecimiento aún cuando hubo procesos realizados con niveles de radiación de hasta 150 W/m<sup>2</sup>. Valores mayores de radiación, del orden de los 300 W/m<sup>2</sup>, aumentan la temperatura superficial del producto y se evita de este modo el crecimiento de microorganismos. En todos los casos se produjo el movimiento del aire con velocidades de 0,7 m/s.

### Conclusiones

Las experiencias recogidas en el Valle de Lerma de la Provincia de Salta, especialmente en el secado mediante túneles de tipo invernadero con bandejas de productos, han demostrado en algunos casos la inconveniencia de realizar el proceso cuando las condiciones de radiación, temperatura y humedad (especialmente esta última) son tales que no evitan la formación de hongos en el producto o incluso la pudrición del mismo cuando las noches son frescas y húmedas y ocurre condensación dentro del secadero.

Dichos resultados han llevado a la conclusión de que es conveniente, en caso de no poderse lograr condiciones de temperatura mayores que 38 °C, humedad relativa menor que el 50 % o radiaciones mayores que 300 W/m<sup>2</sup>, realizar un aporte adicional al solar como manera de prevenir los efectos mencionados sobre el producto.

Por otro lado, las experiencias de laboratorio permitieron inferir la importancia que tiene la presencia de esporas en el aire para producir el desarrollo de hongos, cuando las condiciones de humedad y temperatura (y radiación) son favorables para ello. Esto se deduce del hecho que inicialmente fue muy difícil lograr el crecimiento del hongo sin inocular el producto y que, una vez contaminado el secadero, iguales condiciones que las anteriores permitieron su desarrollo sin necesidad de inocularlo. Esto aconseja cuidar la higiene en el secadero y su alejamiento de lugares donde el aire pueda ser portador de esporas.

### Nomenclatura

P peso, gramos.

P<sub>0</sub> peso inicial, P<sub>s</sub> peso del producto completamente seco.

t tiempo, horas.

T temperatura, °C.

HR humedad relativa, %.

### Agradecimiento

Al Dr. Carlos Cuevas por la realización de las fotografías de la

Figura 5 y los aportes relacionados con el tema de su especialidad.

#### Referencias

- 1.- Echazú, R., Saravia, L. y Passamai, V.: *Secadero Solar Pasivo para Pimiento*, ASADES, S. Luis, 1986.
- 2.- Saravia, L., Passamai, V. y Echazu, R.: *Sistema solar para uso alternativo como secadero o invernadero. Diseño y construcción*. ASADES, Buenos Aires, 1987.
- 3.- Passamai, V. y Saravia, L.: *Túnel experimental para la obtención de curvas de secado*, V Congreso Ibérico y IV Iberoamericano de Energías Renovables, Madrid, 1990.
- 4.- Passamai, V. y Hoyos, D.: *Conversión de una Balanza Mecánica en Electrónica*, AFA, Tucumán, 1991.
- 5.- Saravia, L. y Condorí, M.: *Secadero-invernadero de tipo túnel*, ASADES, Catamarca, 1992.
- 6.- Ing. J. Morón, Facultad de C. de la Salud, UNSa, comunicación personal.
- 7.- Jay, J.: *Microbiología moderna de los alimentos*, Acribia, Zaragoza, 1973.
- 8.- Dr. C. Cuevas, Facultad de C. Tecnológicas, UNSa, comunicación personal.