

Capítulo 3

SECADORES SOLARES

Los productos alimenticios pueden ser secados en aire, vapor sobrecalentado, en vacío, en gas inerte y por la aplicación directa de calor. Generalmente se utiliza el aire como medio secador, debido a su abundancia, su conveniencia y a que se puede controlar el sobrecalentamiento del alimento (Desrosier, 1975).

Dependiendo de cómo se transmite la energía al producto, los secadores solares pueden clasificarse en: secadores de radiación solar directa, de radiación infrarroja, de conducción de calor y de convección de calor.

Existen diversos tipos de secadores solares, los que ofrecen al productor una amplia gama de oportunidades para lograr un tratamiento adecuado de su producto. Es muy importante que en la etapa inicial seleccionar con cuidado el equipo a usar para obtener un funcionamiento satisfactorio (Corvalán et al 1992).

3.1 Forma de calentamiento solar

Los dos elementos básicos de un secador solar son el colector donde la radiación solar calienta el aire y la cámara de secado donde el producto es deshidratado por el aire que pasa. Estos elementos pueden diseñarse para que se integren al equipo en distintas formas:

Secadores solares indirectos: este tipo de secadores presenta varias ventajas. En primer lugar el control de proceso es más simple (especialmente en el caso de secadores con circulación forzada de aire). Además es fácil integrar una fuente auxiliar de energía para construir un sistema híbrido.

El tener una cámara de secado separada de los colectores facilita la manipulación del producto y las labores de carga y descarga. Dado que la cámara de secado es opaca, este sistema permite secar en forma conveniente productos que se puedan dañar o perder calidad de aspecto por una exposición directa al sol.

Una desventaja muy importante es el hecho de que al separar la función colección de energía solar de la de secado, el tamaño del equipo (y sus costos) crecen. Otra desventaja (menos aparente) es que para evaporar la misma cantidad de agua se necesita mover más kilogramos de aire a mayor temperatura que en el caso de los secadores directos o mixtos. Esto implica que los colectores solares trabajarán en un punto de menor eficiencia de su curva característica, lo cual conduce a mayores áreas de captación de energía. Se debe cuidar mucho el diseño del sistema para tener colectores con buena eficiencia y de bajo costo.

Secadores solares directos: en los secadores solares directos la radiación es absorbida por el propio producto, resultando más efectivo el aprovechamiento de la energía para producir la evaporación del agua. Esto se debe a que la presión de vapor en la superficie del producto crece por la absorción de radiación solar. Por lo tanto el gradiente de presiones de vapor entre el producto y aire se hace mayor y se acelera el secado.

La combinación del colector y cámara en una sola unidad puede ser más económica en muchos casos, especialmente en los secadores de menor tamaño.

Este tipo de secadores es casi siempre con circulación de aire por convección natural. Esto hace que a veces el control del proceso sea poco confiable. Es frecuente ver incrementos de temperaturas excesivos en este tipo de secadores, lo que lleva a pardeamiento enzimático. Para algunos productos la acción de la radiación solar puede destruir o evaporar algún compuesto orgánico que lo compone que tiene interés comercial.

3.2 Circulación de aire

El aire circula dentro del secador con el fin de eliminar la humedad evaporada del producto. Esta circulación se logra por diversos métodos:

- Circulación forzada: el aire es movido por un ventilador que consume energía mecánica o eléctrica.
- Circulación por convección natural: el aire es movido por las diferencias de temperatura entre las distintas partes del equipo, que promueven la convección térmica del aire. No se necesita energía mecánica externa. El uso de chimeneas constituye un caso particular de convección natural.
- Circulación por acción del viento: el movimiento de aire es producido por el propio viento imperante en el lugar. En algunos casos el viento actúa en forma indirecta moviendo un ventilador que produce la circulación del aire dentro del equipo.

Ventajas y desventajas de estas alternativas

Circulación Natural o por el Viento: la circulación por convección natural o por acción del viento permiten el funcionamiento del equipo en zonas sin suministro local de energía eléctrica. La circulación por acción del viento está limitada a lugares con recurso eólico suficiente. Para que sea viable deben existir vientos constantes durante las horas diurnas de al menos 1 a 2 m/s. La circulación por convección natural se hace más difícil de incorporar cuando el equipo crece en tamaño. Para equipos pequeños o medianos se pueden lograr velocidades de aire de 0.4 a 1 m/s al interior de la cámara, pero en equipos grandes esta velocidad no sobrepasa los 0.1 a 0.3 m/s.

Circulación Forzada: la circulación forzada facilita el diseño en el caso de los equipos de mayor tamaño. Este tipo de circulación también facilita el control del proceso de

secado. La circulación forzada permite mayor libertad en la colocación de los diversos elementos que integran el equipo. Usando este tipo de circulación se logran las siguientes ventajas de operación:

- Se pueden obtener velocidades de circulación de aire entre 0.5 a 1 m/s. Esto facilita el proceso de secado.
- No hay problemas de circulación de aire para equipos de tamaño mayor.
- Se puede usar ventilación forzada durante las 24 horas. Esto puede ser ventajoso en las primeras etapas del secado para eliminar la humedad libre del producto.
- Se puede usar recirculación de aire. El usar recirculación es ventajoso hacia el final del proceso de secado. Permite una mejor retención de aroma y el obtener mayores temperaturas para eliminar la humedad residual.

La principal desventaja de la circulación forzada es el hecho de que se debe disponer de una fuente de energía eléctrica.

3.3 Forma de Operación

La forma en que opera un secador da lugar a dos alternativas:

Secado en tandas: el producto es cargado en una sola tanda y la misma no se retira hasta que esté completamente seca. Todo el producto dentro del secador va pasando de un estado húmedo a un estado seco en forma paulatina.

Secado continuo: el producto se va cargando y descargando en tandas parciales. Dentro del mismo secadero se encuentra una parte del producto húmedo y otra casi seco. El período entre cargas de las tandas varía de acuerdo al diseño. En algunos casos la carga y descarga parcial se realiza una vez por día. En otros casos se puede llevar a cabo varias veces en el mismo día.

Las ventajas y desventajas de estas alternativas son:

El secado en tandas permite un diseño más sencillo del proceso de carga y movimiento del producto dentro del equipo, por lo que resulta más apropiado en secadores pequeños y medianos.

El secado continuo aprovecha en forma más uniforme la radiación que le llega todos los días, por lo que su eficiencia es mayor. Esto es particularmente así en sistemas mixtos. Puede darse el caso de que una mitad del secador que esté con producto casi seco opere como colector, mientras la otra mitad con producto fresco opere como cámara de secado.

3.4 Capacidad de producción

La capacidad de producción se define en relación al peso de producto fresco total que se carga. Además, se considera la carga media diaria, expresada en kilos de producto fresco cargado por día. En el caso de equipos que trabajen por tandas, se debe dividir el peso de la tanda por el número de días que se tarda en secar la misma (Corvalán et al 1992).

En general, cada tipo de secador solar tiene un funcionamiento más apropiado en cierto rango de capacidad de producción, por lo que resulta importante especificar este parámetro.

3.5 Nivel tecnológico

La construcción de un secador solar puede requerir distintos niveles en cuanto a las herramientas y los conocimientos técnicos necesarios para la construcción o montaje y el entrenamiento necesario para su operación. Un buen sistema de clasificación depende del nivel tecnológico necesario para implementarlo (Corvalán et al 1992).

Esta información resulta de particular importancia para tomar una decisión sobre la posibilidad de que el propio productor pueda encarar su construcción, requiera ayuda técnica o deba considerar la posibilidad de adquirir el equipo ya construido.

Se adoptará la siguiente escala:

- Equipo rústico: la construcción y montaje solo requiere herramientas sencillas de manejo no especializado. La operación solo requiere un entrenamiento mínimo y presencia humana eventual.
- Equipo artesanal: la construcción y montaje requiere un operario entrenado y herramientas de banco. La operación solo requiere un entrenamiento mínimo y presencia humana eventual.
- Equipo tecnificado: la construcción requiere de un taller metal mecánico con equipamiento normal. La operación requiere un entrenamiento adecuado y una presencia humana indispensable o eventual.
- Equipo sofisticado: el equipo requiere construcción en fábrica y el montaje necesita de operarios especializados. La operación requiere un entrenamiento adecuado y presencia humana indispensable.

3.6 Formas de Cámara de Secado

La cámara de secado puede tener formas muy diversas, teniendo en cuenta distintos factores tales como el tipo de producto a secar, la capacidad de producción esperada, la forma de calentamiento solar, entre otras. La nomenclatura adoptada para las distintas formas es muy diversa:

La cancha: el producto es colocado directamente sobre una superficie abierta expuesta al aire (figura 3.1). La misma puede ser directamente al piso, con algún tipo de preparación para mejorar la higiene, un techo, o una estructura en forma de mesa. También recibe el nombre de patio.

1. Cancha de secado.
2. Producto.
3. Radiación incidente.
4. Viento.

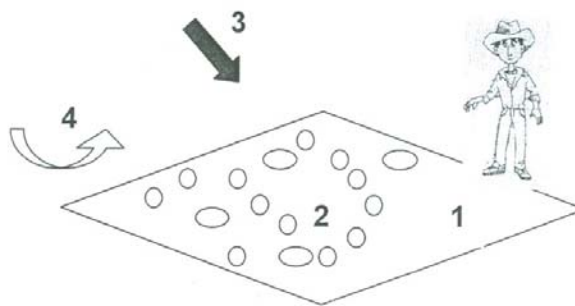


Figura 3.1 Secado al aire.

Características:

Modo de calentamiento.....	Directo
Circulación de aire.....	Acción del viento
Forma de la cámara de secado.....	Cancha
Forma de operación.....	En tanda
Capacidad de producción.....	Baja o mediana
Nivel tecnológico.....	Rústico

La estantería: el producto es colocado en un conjunto de estantes superpuestos y expuestos al aire. Habitualmente el estante, ver figura 3.2, es construido con algún material perforado como puede ser malla de alambre, estructura de cañas, entre otras.

1. Estantes.
2. Producto.
3. Techo.
4. Radiación.
5. Viento.

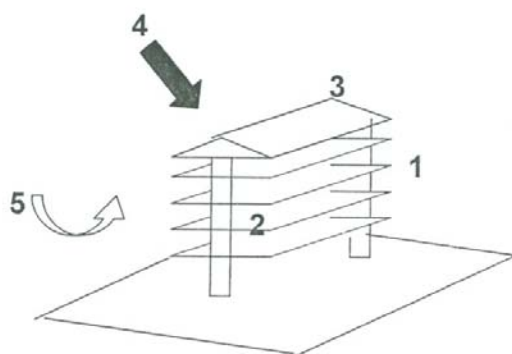


Figura 3.2 Secador de estantes.

Características:

Modo de calentamiento.....	Directo o sin calentamiento
Circulación de aire.....	Acción del viento
Forma de la cámara de secado.....	Estantes
Forma de operación.....	En tanda
Capacidad de producción.....	Baja o mediana
Nivel tecnológico.....	Rústico

El gabinete: consta de una caja (figura 3.3) con una sola bandeja donde se coloca el producto. El mismo puede ser horizontal o inclinado. Habitualmente, una de sus caras permite la entrada de la radiación solar para efectuar el secado.

1. Gabinete.
2. Cubierta transparente.
3. Producto.
4. Circulación de aire.
5. Radiación solar.

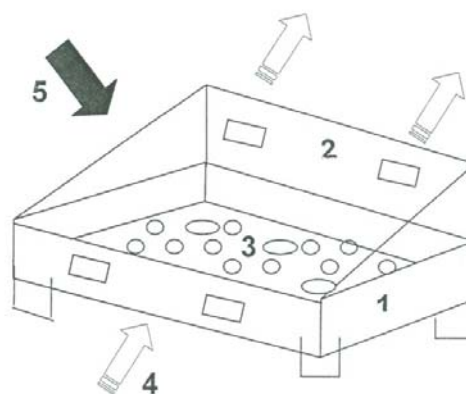


Figura 3.3 Secador de gabinete.

Características:

Modo de calentamiento.....	Directo
Circulación de aire.....	Convección natural
Forma de la cámara de secado.....	Gabinete
Forma de operación.....	En tanda
Capacidad de producción.....	Pequeña o baja
Nivel tecnológico.....	Rústico

La cabina: consta de una caja, pero en vez de una sola bandeja, usa varias superpuestas como parte de una estructura vertical. Habitualmente las bandejas, ver figura 3.4, tienen su fondo perforado. En algunos casos sus lados o techo permiten la entrada de radiación solar.

1. Cabina.
2. Colector solar.
3. Radiación incidente.
4. Circulación de aire.

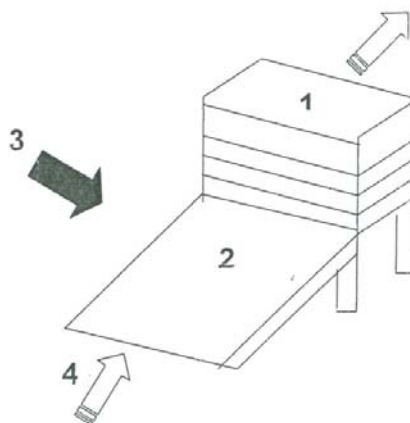


Figura 3.4 Secador indirecto o mixto de cabina.

Características:

Modo de calentamiento.....	Directo o Indirecto
Circulación de aire.....	Convección natural
Forma de la cámara de secado.....	Cabina con bandejas
Forma de operación.....	En tanda
Capacidad de producción.....	Baja o media
Nivel tecnológico.....	Artesanal

El silo: consta de una estructura cilíndrica vertical destinada habitualmente al almacenamiento de productos con forma de grano. Suele tener elementos perforados en el fondo para permitir la circulación de aire. Ver figura 3.5.

La cama: consta de una bandeja de dimensiones grandes y fondo perforado sobre la cual se colocan productos de tipo grano formando una capa de cierto espesor. El aire circula en el grano penetrando por el fondo perforado.

1. Silo o cama.
2. Colector solar.
3. Radiación solar.
4. Circulación de aire.

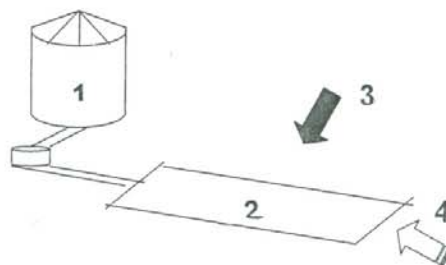


Figura 3.5 Secador indirecto de silo o cama.

Características:

Modo de calentamiento.....	Indirecto
Circulación de aire.....	Forzada
Forma de la cámara de secado.....	Silo o cama
Forma de operación.....	En tanda
Capacidad de producción.....	Mediana o Alta
Nivel tecnológico.....	Artesanal o Técnico

El granero: consta de un cajón en forma de pared (figura 3.6) con sus lados contruidos con una malla de alambre. El cajón se llena con el producto, cuyas características físicas deben ser tales que pueda soportar su propio peso, ya que el granero puede tener una buena altura. El aire circula horizontalmente a través del mismo.

1. Granero
2. Techo
3. Radiación incidente
4. Viento

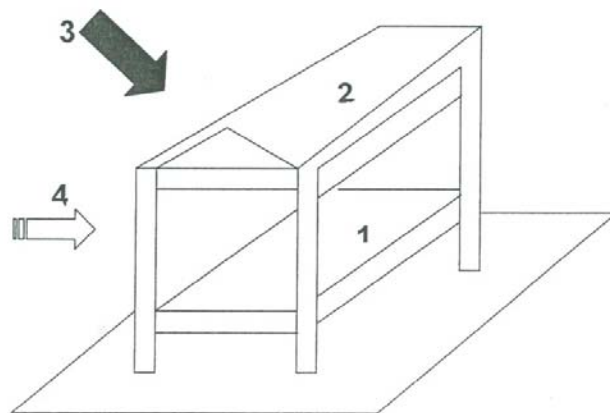


Figura 3.6 Secador troje o de granero

Características:

Modo de calentamiento.....	Radiación difusa, es secundario
Circulación de aire.....	Acción del viento
Forma de la cámara de secado.....	Granero
Forma de operación.....	En tanda
Capacidad de producción.....	Mediana a alta
Nivel tecnológico.....	Rústico