

# Secado Solar Técnico



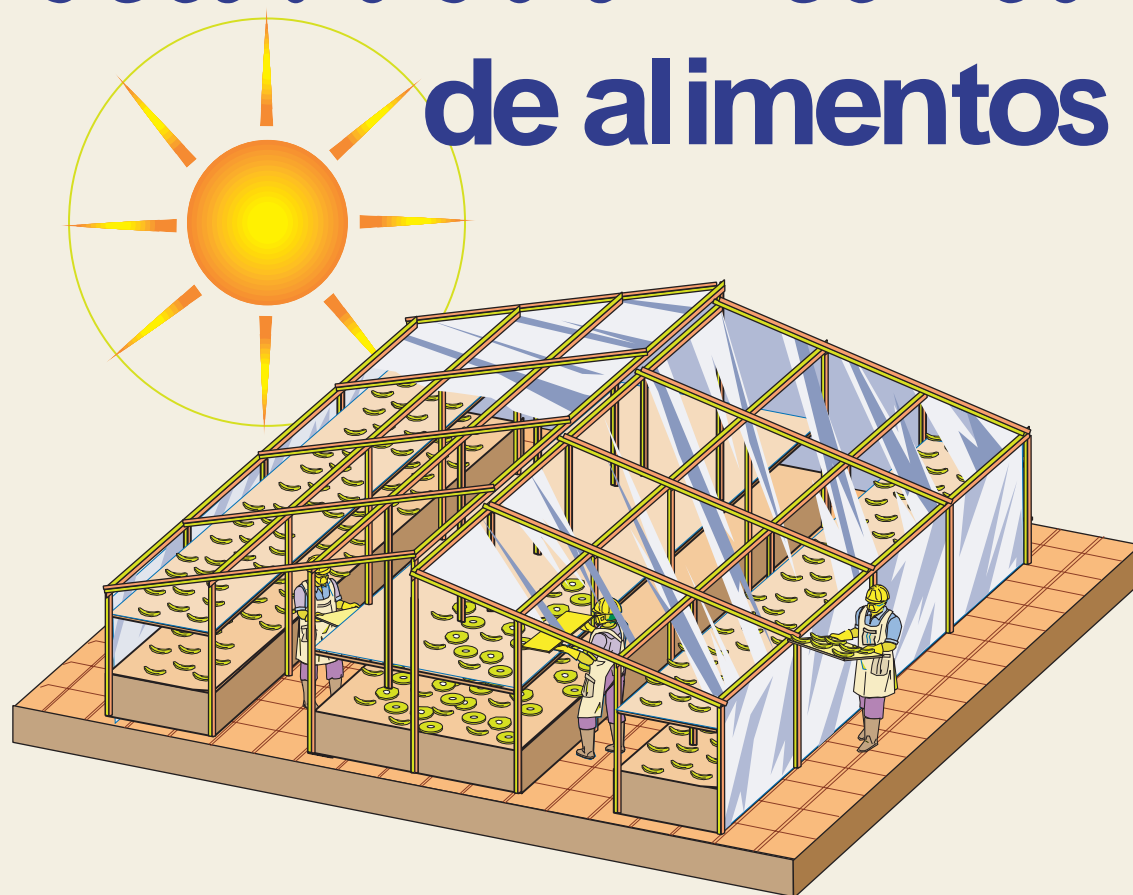
**ENERGÉTICA**

ENERGÍA PARA EL DESARROLLO

Calle La Paz E - 573 • P.O. Box 4964  
Tel./Fax: +591 - 4 - 253647 / 253825  
E- Mail: [enrgtica@albatros.cnb.net](mailto:enrgtica@albatros.cnb.net)  
Cochabamba - Bolivia

**ENERGÉTICA**

# Manual del Secado Solar Técnico de alimentos



**ENERGÉTICA**

ENERGÍA PARA EL DESARROLLO

Calle La Paz E – 573 • P.O. Box 4964  
Tel./Fax: +591 – 4 – 253647 / 253825  
E– Mail: enrgtica@albatros.cnb.net  
Cochabamba – Bolivia



FAKT – Fordergesellschaft für angepaßte Techniken in der Dritten Welt mbH  
Gansheidestrasse 43, D- 70184 Stuttgart  
E-mail: FAKT\_GER@compuserve.com  
Federal Republic of Germany



Ricerca e Cooperazione  
Casila 2574 • E-mail: rc@cord.rds.org.bo  
La Paz - Bolivia

---

# Manual del Secado Solar Técnico de Alimentos

---

La elaboración de este manual fue posible con la participación de las siguientes personas:

Autores: Dra. Tania Vázquez – **ENERGÉTICA**  
Ing. Silvia Arnéz Camacho – **ENERGÉTICA**  
Ing. Miguel Fernández – **ENERGÉTICA**  
Ing. Juan de Dios Fernández – **ENERGÉTICA**

Revisión y Complementación: Ing. Thomas Rebhole – **FAKT**  
Dr. Martín Dietz – **FAKT**  
Ing. Aitor Guzmán – **ENERGÉTICA**  
Dra. Ruth Volgger - **RC**

Dibujo de planos: Arq. Jorge Camacho – **ENERGÉTICA**

Diseño gráfico e ilustraciones: Juan Carlos Parra B.



**ENERGÉTICA**  
ENERGÍA PARA EL DESARROLLO  
Calle La Paz E. - 573 - P.O. Box 4964  
Tel/Fax +591 - 4 - 2506477 / 250625  
E-Mail: [energ@telefonos.com.bo](mailto:energ@telefonos.com.bo)  
Cochabamba - Bolivia











Cochabamba –1997





---

## Contenido

Página

	<b>1</b>	<b>Por qué un manual de Secado Solar Técnico?</b>	
		<b>Introducción</b>	<b>1</b>
	<b>2</b>	<b>Conceptos y definiciones</b>	<b>5</b>
	2.1	Definición del secado	5
	2.2	Conceptos básicos del deshidratado de alimentos	5
	2.3	Tipos de secado	6
	2.4	Secado solar tradicional	7
	2.5	Secado convencional	7
	2.6	Secado solar técnico (SST)	7
	<b>3</b>	<b>Secado solar técnico</b>	<b>9</b>
	3.1	Ventajas del SST	10
	3.2	Limitaciones del SST	10
	3.3	Relaciones entre los parámetros de secado y características del alimento	11
	<b>4</b>	<b>Factores que rigen el proceso de secado</b>	<b>13</b>
	4.1	Contenido de humedad	13
	4.2	Temperatura máxima	14
	4.3	Uniformidad de los trozos	14
	4.4	Pre-tratamientos de los productos a ser deshidratados	15
		a. Pretratamientos	15
		b. Preservantes y aditivos	16
	<b>5</b>	<b>Pre-tratamientos más usuales en secado solar</b>	<b>17</b>
	5.1	Escaldado	17
	5.2	Blanqueado (sulfitado)	18
	5.3	Uso del bicarbonato de sodio (NaHCO <sub>3</sub> )	18
	5.4	Pelado químico (Inmersión en solución de hidróxido de sodio)	19

		Página	
	5.5	Agrietado	20
	5.6	Salado y almibarado	20
	<b>6</b>	<b>Condiciones sanitarias</b>	<b>21</b>
	6.1	Agua	21
	6.2	Potabilización del agua	21
	6.3	Desinfección de productos	22
	6.4	Uso de lavandina para potabilización y desinfección	23
	6.5	Control sanitario de personal e instalación de una planta deshidratadora de alimentos	23
		a. Salud e higiene del personal	23
		b. Limpieza y desinfección de instalaciones	24
		c. Detergentes y desinfectantes	24
		d. Operaciones de limpieza y desinfección	25
	6.6	Limpieza y desinfección de equipos y sala de procesos	26
	6.7	Limpieza y desinfección de los secadores solares	26
	6.8	Fumigación de la planta	27
	<b>7</b>	<b>Seguridad del personal de planta</b>	<b>29</b>
	<b>8</b>	<b>Análisis de los productos acabados</b>	<b>31</b>
	8.1	Actividad de agua	31
	8.2	Evaluación organoléptica	32
	8.3	Análisis físicos generales	33
		a. Pérdida de masa	33
		b. Humedad	33
	8.4	Análisis químicos	34
	8.5	Análisis microbiológicos	34
	8.6	Muestras	35

		Página
		<b>37</b>
	<b>9</b>	<b>Empacado y almacenado</b>
	9.1	Propiedades importantes en el material de Empaque escogido <span style="float: right;">39</span>
	9.2	Etiquetas <span style="float: right;">40</span>
	9.3	Llenado y sellado <span style="float: right;">41</span>
	<b>10</b>	<b>Deshidratado de frutas y hortalizas</b> <span style="float: right;">43</span>
	<b>11</b>	<b>Tecnologías de procesamiento</b> <span style="float: right;">47</span>
	11.1	Producción de banano higo <span style="float: right;">47</span>
	11.2	Producción de papaya deshidratada <span style="float: right;">53</span>
	11.3	Producción de piña deshidratada <span style="float: right;">59</span>
	11.4	Producción de cebolla deshidratada <span style="float: right;">65</span>
	11.5	Producción de zanahoria deshidratada <span style="float: right;">69</span>
	11.6	Producción de yuca deshidratada (harina de yuca) <span style="float: right;">72</span>
	11.7	Producción de frutas abrigantadas (deshidratación osmótica de cítricos combinada con secado solar técnico) <span style="float: right;">77</span>
	<b>12</b>	<b>Características de los secadores solares</b> <span style="float: right;">83</span>
	12.1	Introducción <span style="float: right;">83</span>
	12.2	Características de los secadores solares <span style="float: right;">84</span>
		a. Estructura <span style="float: right;">84</span>
		b. Bandejas <span style="float: right;">84</span>
		c. Flujo de aire <span style="float: right;">85</span>
	12.3	Instalación de los secadores <span style="float: right;">85</span>
	12.4	Condiciones climáticas para el funcionamiento de los secadores solares <span style="float: right;">86</span>
	12.5	Planos de secadores <span style="float: right;">87</span>
		a. Secador solar familiar <span style="float: right;">87</span>
		b. Secador solar Semi-industrial <span style="float: right;">90</span>
	12.6	Planos de secadores solares <span style="float: right;">92</span>



		Página
<b>13</b>	<b>El secado solar como alternativa comercial competitiva</b>	<b>111</b>
<b>13.1</b>	<b>Experiencias</b>	<b>111</b>
<b>13.2</b>	<b>Factibilidad del empleo de un secador solar</b>	<b>115</b>
<b>13.3</b>	<b>Evaluando un secador solar</b>	<b>116</b>
	<b>Descripción institucional</b>	<b>121</b>
	<b>FAKT</b>	<b>121</b>
	<b>RC – Ricerca e Cooperazione</b>	<b>123</b>
	<b>ENERGETICA – Energía para el Desarrollo</b>	<b>125</b>

---

## ¿Porqué un manual de Secado Solar Técnico?

Historia del SST en Cochabamba

El Secado Solar Técnico ha sido desarrollado en Cochabamba, desde hace aproximadamente unos 15 años atrás por un equipo de profesionales pertenecientes al extinto “Proyecto de Desarrollo en Energía Solar” de la Universidad Mayor de San Simón (PDES-UMSS).

Más allá del modelo físico de comportamiento de un secador solar, se buscaba respuestas a problemas cotidianos que planteaban los productores campesinos.

Los desafíos del SST

La tarea no era fácil. En la Universidad esta actividad era considerada poco académica, y desde el punto de los beneficiarios se exigía respuestas cada vez más concretas, que rebasen el planteamiento teórico y que mostrasen beneficios directos para los usuarios de la tecnología.

De esta manera se incursionó en el desarrollo de proyectos de testeo, aplicación y difusión de la tecnología, introduciendo las áreas de alimentos, evaluación económica e investigación de mercados.

Las instituciones de apoyo

Durante este proceso se recibió apoyo de diferentes instituciones, destacando el proporcionado por el FAKT – Asociación de Tecnologías Apropriadas de Alemania, que permitió el diseño, validación y puesta en práctica de determinados paquetes tecnológicos.

Adicionalmente, otras instituciones como el Socorro Popular Francés permitió experimentaciones puntuales, el Programa de Desarrollo Alternativo Regional (PDAR - USAID), aceptó propuestas y permitió la expansión de las experiencias. RC – Ricerca e Cooperazione también fue receptiva a estas propuestas.

Al cierre del PDES-UMSS, ENERGETICA- Energía para el Desarrollo, rescató parte de ese equipo humano, los conocimientos y experiencias desarrolladas.

ECOVIR S.A. un proyecto modelo

Uno de los últimos casos en los que se aplica todo éste “know-how”, fue el proyecto Vía Rancho, que permitió la creación de ECOVIR S.A. y que puede considerarse un proyecto modelo.

La Empresa Comunal Vía Rancho (ECOVIR S.A.), compuesta por 167 socios campesinos (bajo la estructura empresarial de una sociedad anónima), disponen de una planta procesadora de alimentos que emplea de manera intensiva secadores solares y el concepto del Secado Solar Técnico.

El apoyo para lograr esta meta fue otorgado por RC – Ricerca e Cooperazione de Italia, quién, bajo una lógica de desarrollo local acogió esta iniciativa. ECOVIR S.A. está consolidando un mercado interno aún pequeño, pero también tiene ya compromisos de exportación de sus productos, y su proceso de certificación como empresa de productos ecológicos está en marcha.




En este contexto, la publicación de éste manual intenta rescatar los elementos positivos del SST, que a nuestro juicio pueden permitir que otras iniciativas en marcha también logren el éxito.











### El contenido del Manual:

Manual de procesos para uso en planta dividido en trece secciones

El manual está escrito pensando en que pueda servir como una guía para el desarrollo de procesos en planta. En la parte derecha de cada página se tienen textos cortos que orientan rápidamente sobre el contenido del texto existente en el manual, de esta manera se puede ubicar rápidamente los temas de interés que se busquen.

El manual dispone de 13 secciones con diferente tópicos. Cada una de ellas está claramente identificada por un ícono, a efectos de poder ubicarla rápidamente.

- 1  La primera sección explica el contexto de aplicación del Secado Solar Técnico, orientando el mismo hacia su empleo en un contexto empresarial de desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa transformadora de alimentos.
- 2  La segunda sección contiene las definiciones y conceptos principales sobre el deshidratado solar de alimentos.
- 3  La tercera sección muestra las ventajas y limitaciones del Secado Solar Técnico y las relaciones entre parámetros de secado y características de alimentos.

- 4**  En la cuarta sección se tiene una descripción de los factores que rigen el proceso del secado (humedad, temperatura, tamaño, pretratamiento).
- 5**  La quinta sección describe los pretratamientos más usuales en secado solar de alimentos, minimizando en lo posible la utilización de químicos.
- 6**  La sexta sección, nos introduce hacia los aspectos más relevantes sobre la higiene necesaria a mantener en este tipo de procesos.
- 7**  La séptima sección hace un repaso breve sobre condiciones de seguridad del personal que deben cuidarse al interior de la planta procesadora.
- 8**  La octava sección, hace referencia a los diferentes análisis que se deben realizar a los productos procesados, en resguardo de la calidad del mismo.
- 9**  La novena sección detalla consideraciones sobre el empaclado y el almacenado de productos deshidratados, sobre todo aquellos procesados en secadores solares.
- 10**  La décima sección describe brevemente el deshidratado de frutas y hortalizas.
- 11**  La décima primera sección, hace una descripción completa de las tecnologías de procesamiento para frutas tropicales, algunas hortalizas y cítricos.
- 12**  En la décima segunda sección se describe la tecnología de construcción, montaje y operación de los secadores solares directos, acompañando ésta sección con planos de dos tipos de secadores (familiar y semi-industrial).
- 13**  La décima tercera sección contiene una descripción del SST como una alternativa comercial competitiva, haciendo una comparación en el caso de dos productos diferentes que usan la misma materia prima y, presentando un ejemplo de cálculo de cómo calcular la conveniencia financiera de utilizar o no un secador solar.



Finalmente, se acompaña una descripción institucional de las tres instituciones participantes en la edición de este manual: ENERGETICA, FAKT y RC.

Esperamos que este manual sea un aporte efectivo en este campo. Su utilización habrá permitido lograr los objetivos que se buscan con esta publicación.

*Los editores*



## Introducción

El secado solar artesanal es una de las formas más antiguas de preservar alimentos

La aplicación artesanal del **secado solar** (exponer los alimentos directamente a los rayos solares, hasta que se obtenga un grado de humedad aceptable que permita su almacenamiento) es la manera más antigua de preservarlos, y supone que los alimentos permanezcan al aire libre a expensas de los factores climáticos (viento, lluvia, polvo), así como la posibilidad de que animales e insectos se posen en ellos o lo consuman como alimentos.

El riesgo de la contaminación

Sin lugar a dudas las posibilidades de contaminación, así como la calidad misma que se obtiene al final de este proceso artesanal es discutible y, solamente aceptable en determinados tipos de productos, o cuando no existe otra alternativa.

El SST supera los problemas del secado solar artesanal y mejora la calidad final del producto

La manera de superar esos problemas se logra aplicando un conjunto de equipos, procesos y técnicas que reciben el nombre de "Secado Solar Técnico" (SST).

Utilizar "secadores solares" supone el empleo de equipos que permiten aprovechar la radiación solar y que preservan a los alimentos de los factores climáticos, así como de los animales. Por otro lado, el uso de técnicas de pretratamiento a los alimentos antes de introducirlos en los secadores, hace que la calidad del mismo mejore, respecto al secado solar tradicional.

De esta manera se puede obtener alimentos con mejor textura, color, sabor y preservando en la mayor cantidad posible sus nutrientes y vitaminas.

En general, a pesar del desarrollo de múltiples tecnologías y procesos para la transformación y la conservación de alimentos por largos períodos de tiempo.



En Bolivia es factible el SST prácticamente en todo el país

Experiencias con el SST a nivel empresarial fueron exitosas

El deshidratado se mantiene como una de las formas de conservación más utilizada a escalas domésticas, semi-industriales e industriales, aunque ahora empleando energéticos convencionales para generar el calor necesario, puesto que la utilización de la radiación solar como fuente de energía para éste fin ha sido desplazada en su aplicación, sobre todo en los países industrializados, debido a las escalas masivas de producción de las empresas, la variabilidad diaria y estacional que dificulta su control y, la exigencia de superficies de captación relativamente grandes en comparación con la necesidad de superficie que demanda, por ejemplo, un secador convencional eléctrico.

En países como Bolivia, donde se dispone de un potencial solar considerado entre los más altos del mundo, con una variabilidad estacional prácticamente sin efectos plausibles en el año, donde las presiones para utilización de terreno son mínimas.

La utilización de energía solar y del “Secado Solar Técnico” (SST), ha desarrollado rápidamente soluciones que permite enfrentar la producción de alimentos deshidratados a escala semi-industrial, habiendo encontrado un nicho de aplicación en el desarrollo de productos orientados básicamente al mercado.

Ejemplos de aplicaciones exitosas del SST, se encuentran en varias microempresas y, también en algunas pequeñas y medianas empresas de alimentos, ubicadas en varios puntos del país. Muchas de ellas inclusive con mercados consolidados de exportación de sus productos, donde la variable del empleo del SST ha constituido además de un factor económico importante (disminuyendo costos de energéticos convencionales), en un elemento de mercadeo que resalta el aspecto ecológico de su procesamiento.

La difusión de esta tecnología bajo estrategias de reducción de pérdidas postcosecha o mejoramiento de calidad de productos deshidratados a nivel de pequeños productores campesinos individuales, ha sido más bien una excepción, aunque nadie discute su aplicabilidad y la pertinencia en su utilización.

La explicación posible radica en que la aplicación de esta tecnología, esas escalas de producción, no produce beneficios notorios a nivel de ingresos que rentabilicen su utilización.



Nuevos hábitos de consumo y mercados más rentables aumentan las posibilidades de uso del SST

El uso del SST es una tecnología limpia para el medio ambiente

Un secador solar, como cualquier equipo, tiene un costo de inversión, necesita mantenimiento y reposición de materiales, lo que constituye una exigencia de recursos monetarios, los que si no son recuperados con el uso del equipo, se traduce en un abandono de esta tecnología.

En general los hábitos de consumo de la gente cambian rápidamente y cada vez los mercados son más permeables a productos diferentes, que deben ser trasladados grandes distancias desde sus áreas de producción. Así, es ampliamente aceptado que la preservación de alimentos por medio del deshidratado es un método apropiado, toda vez que reduce el uso de preservantes y conservantes artificiales.

De esta manera, con una tecnología basada en métodos relativamente simples, se obtienen productos aceptables para los consumidores, reducción de costos en el empaque y transporte, se facilita el manipuleo del producto y, se agrega valor a los productos agrícolas a través de esta transformación.

Desde un punto de vista económico y ambiental, la utilización de la energía solar permite ahorrar combustibles fósiles. Pero, para asegurar una producción constante y responder a las exigencias que plantea la demanda, deberá utilizarse equipos de secado convencional, de manera complementaria, o como equipos de respaldo en aquellas ocasiones cuando “no brille el sol”.

Aún así, el SST bajo conceptos de “procesos limpios”, puede contribuir a lograr productos que exijan menor consumo de energéticos convencionales, y obtener productos más naturales.

En el texto que se presenta, se ha intentado resumir la experiencia lograda por ENERGETICA en el manejo del SST, focalizando aspectos que permitan el manejo de pequeñas plantas procesadoras de alimentos con energía solar, dentro de parámetros de seguridad, higiene y calidad, aceptables de acuerdo a normas establecidas.



## Conceptos y definiciones

El deshidratado es una tradicional forma de conservación de alimentos

La mayoría de los alimentos se pueden consumir en estado fresco. Pero si deseamos aprovechar estos productos en diferentes épocas del año sin causar mayores pérdidas en sus propiedades nutritivas, es necesario transformarlos, de tal manera que los organismos putrefactores y las reacciones químicas no se desarrollen.

Junto con la aplicación de la sal, el azúcar y la fermentación, el secado o deshidratado es una de las más antiguas y tradicionales formas de conservación de los alimentos.

En casi todas las culturas se desarrollaron procesos de secado para conservar productos agrícolas.

Secado es la extracción de agua

### 2.1 Definición del secado

Se entiende por secado de los alimentos a la extracción deliberada del agua que contienen.

El contenido original del agua de los productos agrícolas varía entre el 30% y el 90% de la masa; mediante los procesos de deshidratado, el contenido de agua es reducido a un porcentaje entre el 8 y el 16%.

Durante el deshidratado no se da un proceso de cocción o sobrecalentamiento

### 2.2 Conceptos básicos del deshidratado de alimentos

El deshidratado de alimentos, trata de la remoción del agua hasta un punto donde se inhiben el deterioro microbiano y la actividad enzimática.

El deshidratado se diferencia de otros procesos de extracción del agua, que utilizan calor, especialmente en que durante el mismo no se da un proceso de cocción o sobre-



calentamiento, y de esta manera el producto final conserva sus cualidades nutritivas.

La humedad de muchos productos alimenticios naturales oscila entre 70 y 90 %. Los productos deshidratados llamados secos, deben tener al final del proceso un contenido de agua entre 10 - 20% y hasta un 50% los de humedad intermedia.

Además de la humedad final de un producto deshidratado, un parámetro esencial de tomarse en cuenta es la medida de la actividad de agua (**aw**), los valores preferenciales para este parámetro varían entre 0.7 - 0.6 o menos, con lo cuál se consigue una buena conservación; además de permitir mejor conservación la deshidratación de productos alimenticios, ofrece más ventajas como ser:

Ventajas del deshidratado

- 1) *Transformar grandes cantidades de producto, para evitar pérdidas de cosecha en periodos de abundancia.*
- 2) *Conseguir que su consumo se realice durante todo el año.*
- 3) *Facilitar su almacenamiento y transporte.*
- 4) *Bromatológicamente los productos deshidratados tienen mayor poder alimenticio ya que al perder gran parte de su contenido de agua se concentran los Hidratos de carbono, sustancias pécticas, proteínas, grasas, sales minerales, que se encuentran en sus tejidos.*
- 5) *Se abren nuevas oportunidades para el productor y genera nuevas fuentes de trabajo e ingresos.*

Todas las técnicas de secado deben eliminar el agua del producto

### 2.3. Tipos de secado

Existen muchas y diferentes técnicas para efectuar el secado de productos alimenticios como ser: secado solar tradicional, secado solar técnico y secado mediante equipos industriales. En todos estos casos el proceso consiste en entregar una cierta energía al producto para eliminar el agua que contiene.

Los más conocidos son:

- *El secado solar tradicional*
- *El secado convencional*
- *El secado solar técnico*



Utiliza los rayos solares en el proceso de secado

## 2.4. Secado solar tradicional

El método más sencillo para secar alimentos consiste en la exposición del producto directamente a los rayos solares.

Sin embargo dicho método presenta inconvenientes: existe demasiada dependencia de las condiciones climáticas (a veces es necesario recoger el producto cuando llueve), requiere un grado de mano de obra para remover el producto durante el tiempo de secado, las condiciones higiénicas son precarias.

El secado tradicional de productos alimenticios es difícil de programar y se corren riesgos de perder el producto por lluvias, vientos, acción de insectos y roedores.

Requieren del uso de diesel, electricidad o gas

## 2.5 Secado convencional

En este método se utilizan diferentes tipos de “hornos” de deshidratado, con alimentación a diesel, electricidad o gas.

Estos secadores convencionales están diseñados para funcionar a temperatura y flujo de aire regulables, permitiendo la determinación de temperatura y flujo más adecuados a un secado más rápido.

El flujo de aire caliente (accionado por medio de un ventilador), circula por el producto transversalmente a las bandejas y luego es evacuado.

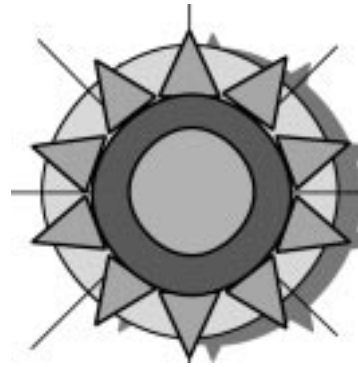
La circulación transversal permite que la superficie del intercambio de vapor sea mayor y con ello también la velocidad de secado.

Utiliza la energía solar, protege el producto y controla el proceso

## 2.6 Secado Solar Técnico (SST)

El SST busca aprovechar mejor la energía solar, a través de técnicas de mejoramiento del SECADO solar tradicional, utilizando determinados equipos, incrementando el potencial de adsorción de agua del aire, y el control del flujo de aire a través del producto.

Además busca proteger el producto contra contaminantes ambientales y permitir un mejor control del proceso de secado.



Generalidades del  
secado solar técnico

## Secado solar técnico

Para superar los problemas del secado solar tradicional se usan secadores solares, que en su forma más sencilla son una modificación del secado solar tradicional.

Estos secadores son una especie de invernaderos dentro de los cuales se coloca el producto en bandejas. La temperatura media al interior del secador puede alcanzar hasta los 45°C y con ello reducir la humedad relativa acelerando el tiempo de secado.

La función del secador solar es la de calentar el aire, utilizando la energía proporcionada por el sol y el efecto invernadero. El aire calentado a una determinada temperatura circulando a través de los productos agrícolas provoca la deshidratación de estos.

Las condiciones de temperatura están reguladas por el tipo de secador, el cual debe ser apropiado para el producto, como también el proceso.

La temperatura, velocidad del viento y duración del proceso son condiciones que nos permiten conservar las propiedades alimenticias originales del producto.

Aprovecha de forma  
eficiente la energía solar

Eliminando una parte del agua, el desarrollo de los microorganismos se bloquea. La cantidad de agua que se debe eliminar depende del producto.

Los secadores solares de productos pueden ser secadores solares directos e indirectos, con o sin flujo forzado dependiendo del producto a deshidratar.

Más detalles de la descripción de las características de los secadores solares se encuentran en el punto 11.



Ofrece buenas condiciones económicas e higiénicas

### 3.1 Ventajas del SST

El SST presenta como ventajas relevantes, las siguientes:

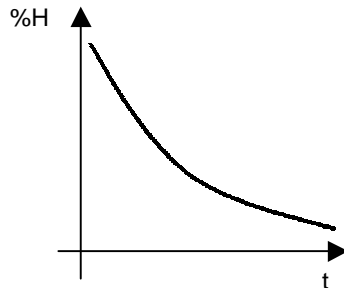
- a) **Incremento del valor agregado de los productos agrícolas:** el SST permite elaborar productos deshidratados de mejor calidad, abriendo la posibilidad de obtener mejores precios en el mercado.
- b) **Mejoramiento de las condiciones higiénicas:** con el SST es posible realizar procesos de producción bajo condiciones muy higiénicas, acorde a normas vigentes de calidad, incluidas las de exportación.
- c) **Ahorro de combustibles convencionales:** la tecnología de SST no requiere más insumo energético que la radiación solar, cuyo costo es prácticamente gratuito.
- d) **Mejoramiento de condiciones de almacenamiento y reducción de pérdidas post-cosecha:** El SST permite conservar y almacenar excedentes de producción, reduciendo así las pérdidas y haciendo posible la comercialización en épocas de mejores precios.
- e) **Ahorro de tiempo:** El tiempo de secado con el SST es mucho menor en relación al secado tradicional, además de requerir menor superficie.

### 3.2 Limitaciones del SST

El SST no es la solución general para todos los procesos de deshidratado. Se deben tomar en cuenta algunas limitaciones.

Condiciones climáticas y específicas

- a) **Potencial de la radiación solar:** El SST solamente funciona si hay suficiente sol; en zonas de alta precipitación pluvial, alta humedad, el secado solar no es aplicable.
- b) **Costo inicial:** Adquirir un secador solar técnico puede constituir una inversión demasiado alta, particularmente para los pequeños productores agrícolas.
- c) **Uso selectivo:** Para algunos productos la diferencia entre los costos de producción y los precios de venta es tan pequeña que no permite al uso de ningún tipo de tecnología mejorada de secado.



Curva de secado característica

### 3. 3. Relaciones entre los parámetros de secado y las características del alimento

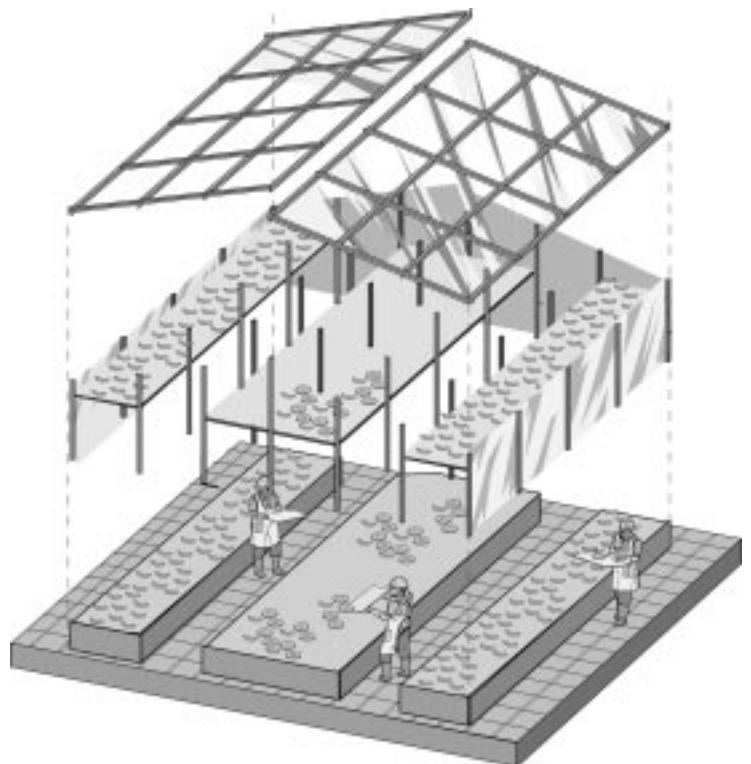
El comportamiento de secado de sustancias higroscópicas tales como los alimentos es complejo y variable de un alimento a otro.

Este comportamiento puede estudiarse experimentalmente en diversos tipos de secadores, midiendo la pérdida de peso de un producto sólido en el curso del tiempo, en función de diferentes parámetros (por ejemplo, velocidad, temperatura y humedad del aire de secado).

Las "curvas de secado" se obtienen llevando sobre un diagrama, en función del tiempo, el contenido de agua del producto o bien la velocidad de secado.

También se puede representar la velocidad de secado en función del contenido de agua del producto.

Por la complejidad del comportamiento de los alimentos en el secado, se realizan pruebas experimentales que se expresan en "curvas de secado".





## Factores que rigen el proceso de secado

Cambios físico-químicos en los alimentos

Durante la deshidratación de los alimentos pueden presentarse cambios físico-químicos tales como: *caramelización, decoloración, pérdida de textura y forma física, pérdida de sustancias volátiles y/o de cualidades nutritivas*; la naturaleza de estos cambios es afectada por la transferencia de calor y masa (parámetros de secado) y las características físico-químicas del producto que se va a deshidratar.

Del contenido de humedad final depende el éxito del secado

### 4.1 Contenido de humedad

Es el porcentaje de masa de agua sobre la masa total del producto. Se lo identifica como  $M$  y se diferencia entre el contenido de humedad inicial al comenzar el secado ( $M_i$ ) y el contenido de humedad final de conservación ( $M_f$ ). Ambos parámetros dependen de la estructura interna del material.

El contenido de humedad final ( $M_f$ ) del producto, no es cero sino el valor máximo que permite su conservación. Secar más allá significa pérdida económica.

Desde el punto de vista del contenido de humedad inicial, los productos suelen clasificarse en 4 grupos:

1. **Muy alto:**  $M_i (> 80\%)$  ej. *tenemos frutas, hortalizas etc.*
2. **Alto:**  $M_i (60 - 80\%)$  ej. *café, mandioca, etc.*
3. **Intermedio:**  $M_i (35 - 60\%)$  ej. *cacao, maní, etc.*
4. **Bajo:**  $M_i (15 - 35\%)$  ej. *cereales, oleaginosas, etc.*



Cada producto soporta una determinada temperatura máxima

## 4.2 Temperatura máxima

El valor más alto de temperatura que puede soportar un producto, sin pérdidas significativas en sus principios activos o componentes nutricionales característicos, recibe el nombre de temperatura máxima.

Cada producto soporta una temperatura máxima que depende del uso, del tipo de producto (fruta, cereal, hortalizas etc.), de la humedad y del grado de madurez. También depende del tiempo durante el cual el producto está sometido a esa temperatura.

El siguiente cuadro da un listado de las características de diversos productos.

### Características de diversos productos

Productos	Humedad Inicial (%)*	Humedad Conservación (%)**	Temperatura Máxima (°C) ***
<b>Granos</b>			
Arroz con cáscara	22–24	11–14	50
Maíz	35	14	60
Trigo	20	13	50
<b>Verduras</b>			
Arvejas	80	5	60
Coliflor	80	6	50
Zanahorias	70	5	60
Cebollas, ajos	80	8–10	50
Patatas	75	11	55
Verduras c/ hojas	80	10	50
Ají	86	5	60
<b>Frutas</b>			
Manzanas	84	14	50
Uva	80	15	55
Higos	76	16	55
Plátanos	78	15	55

Fuente: Informe técnico PSS - 03

\* Contenido inicial de humedad (% de masa total)

\*\* Humedad recomendable para conservación (% de masa total)

\*\*\* Temperatura máxima tolerable °C

La uniformidad de los trozos influye en la homogeneidad de la humedad

## 4.3 Uniformidad de los trozos

Los productos secos destinados a la industrialización y almacenamiento prolongado, necesitan homogeneidad en cuanto a su humedad para facilitar la evaluación y el control de sus cambios físicos y químicos durante el procesamiento y el tiempo que permanezca en el almacén.

**Parámetros más importantes para el tamaño**

Parámetro	Trozos grandes	Trozos pequeños
Carga del secador	+	-
Tiempo del secado	+	-
Merma en el cortado	-	+
Tiempo del cortado	-	+
Uniformidad de los trozos	+	-
Fragilidad del producto seco	-	+
Merma p/manipuleo prod. seco	-	+

Fuente: Rebohle Thomas. Asesoría sobre la tecnología de alimentos sometidos al secado solar. Lima, 1988: 3

La uniformidad de los trozos del producto a secarse tiene influencia sobre la homogeneidad del contenido de agua.

Para cada producto hay formas y tamaños óptimos que requieren ser determinados.

La siguiente lista reúne los parámetros más importantes para el tamaño.

**4.4. Pre-tratamientos de los productos a ser deshidratados**

**A. Pre-Tratamientos**

Los pretratamientos influyen grandemente en la calidad del producto final, tanto a nivel organoléptico como en los resultados de la composición final del mismo.

En los procesos de pretratamientos se utilizan preservantes y aditivos para fines tan diversos como la aceleración del proceso de secado, el blanqueado, la disminución de la flora microbiana o la retardación de los procesos de pardeamiento.

Los pretratamientos más utilizados por la facilidad de su aplicación y efectividad son el escaldado, blanqueado, pelado, agrietado, salado, y almibarado.

Para la aplicación de los pretratamientos deben observarse ciertas normas

La aplicación de los pretratamientos es variable en cuanto al tiempo de inmersión del producto a deshidratar en la solución del reactivo, concentración de los reactivos, temperatura de la solución y otros; tomando en cuenta los diferentes productos e inclusive factores como el estado de madurez de la materia prima, variedad y tamaño.

Existen normas que deben observarse para la utilización de cierto tipo de reactivos utilizados con frecuencia por ejemplo en los derivados del azufre, se especifican proporciones máximas permitidas, formas de utilización y alimentos en los que se permiten.

Los pretratamientos tienen importancia en el proceso y en el producto final

Sin embargo existen también otro tipo de sustancias, como el azúcar y la sal, en los que prácticamente no hay límite legal en cuanto a cantidad, pero una condicionante es el sabor obtenido, por lo que existe la necesidad de especificar la cantidad utilizada en el producto.



Existe una gran variedad de preservantes y aditivos

## B. Preservantes y Aditivos

Un preservante es cualquier sustancia que, añadida a un alimento, previene o retarda su deterioro. Los aditivos se añaden al producto para contribuir a la textura, al sabor y al color del mismo.

### Preservantes:

**Bióxido de azufre:** es tóxico para los mohos, bacterias y en menor grado para las levaduras. Bloquea la acción enzimática, impidiendo la decoloración del producto, y disminuyendo las pérdidas de algunas vitaminas.

**Bióxido de carbono:** ejerce una acción conservante sobre ciertos microbios, a concentraciones mayores a la atmósfera.

**Acido benzoico:** (y sus sales) es mas efectivo contra levaduras y bacterias que contra mohos. Puede utilizarse en concentraciones de hasta 0.1%. Este preservante se usa más en sidra, manzana, jugos, y encurtidos.

**Acido ascórbico y ácido cítrico:** son agentes sobre el oscurecimiento de los tejidos de las frutas y hortalizas que han sido fraccionadas por el corte, mondado o molido.



## Pre-tratamientos

### 5.1 Escaldado

Definición y objetivos del escaldado

Consiste en la inmersión del producto en agua a temperatura de 95°C por un tiempo variable. La temperatura aplicada y la duración dependen de la especie, de su estado de madurez y del tamaño.

El escaldado se efectúa en atención a los siguientes objetivos:

- *Inactivación de las enzimas*
- *Ablandamiento del producto*
- *Eliminación parcial del contenido de agua en los tejidos*
- *Fijación y acentuación del color natural*
- *Desarrollo del sabor y olor característico*
- *Reducción parcial de los microorganismos presentes*

El escaldado mejora la calidad final de determinados productos

La inactivación de las enzimas mejora la calidad del producto, reduciendo los cambios indeseables de color, sabor y olor. Además, favorece la retención de algunas vitaminas, como la vitamina C.

El escaldado es utilizado frecuentemente para la inactivación los sistemas enzimáticos inhibiendo las reacciones de oscurecimiento o pardeamiento en el producto.

Estas reacciones son muy comunes en frutas y vegetales, dando como producto final pigmentos oscuros llamados melaninas.



Evita el oscurecimiento de los productos a deshidratar

Estabiliza la clorofila y produce un ablandamiento de las capas exteriores del producto

Se usa en verduras y leguminosas

## 5.2 Blanqueado (sulfitado)

La adición de sulfitos inhibe las reacciones de oscurecimiento o pardeamiento de los productos a deshidratar, pues actúa sobre los azúcares del producto, minimizando esta posibilidad.

La aplicación de sulfitos y derivados tales como:

- bisulfito de sodio ( $\text{NaHSO}_3$ ),
- bisulfito de potasio ( $\text{KHSO}_3$ ),
- bisulfito de calcio  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ ,
- metabisulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ),
- metabisulfito de potasio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ),

se efectúa mediante inmersión de los productos a deshidratar, en soluciones acuosas del aditivo cuya concentración varía de **0.5 %** al **1 %** y a temperatura ambiente por el lapso de 5 a 10 minutos.

*Para obtener esas concentraciones se debe disolver por cada litro de agua 5 gramos del sulfito para tener una concentración de 0.5%, y 10 gramos por cada litro de agua potable para tener una concentración del 1%.*

## 5.3 Uso del bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ )

El bicarbonato de sodio estabiliza la clorofila de los productos (pigmento verde de los vegetales) haciéndose más resistentes a la acción directa de los rayos solares cuando los productos son sometidos al secador solar, conservando de ésta manera su color verde original.

También produce un ablandamiento de las capas exteriores del producto, facilitando la salida del agua durante el secado y eventualmente evitando el encostramiento.

Para la deshidratación de productos de color verde, tal el caso de verduras y leguminosas como haba, arveja, espinaca, etc., se recomienda realizar un escaldado con bicarbonato de sodio al 3 - 5 % y sal al 0.3 % (disolver 30 gramos de bicarbonato de sodio y 3 gramos de sal para cada litro de agua potable), a una temperatura de ebullición, durante tres a cinco minutos.

El contenido de bicarbonato de sodio en el agua del escaldado deberá alcanzar un pH igual a 9, el cual puede controlarse con papel pH indicador (introducir por el lapso de un par de segundos, un pedacito de éste papel al agua del escaldado, luego retirar y comparar con la coloración patrón del papel indicador utilizado).



Pelado químico por inmersión en lejía de sosa

Es muy importante neutralizar los residuos de sosa

Se recomienda controlar el pH constantemente

Deben tomarse precauciones con el Hidróxido de Sodio

#### 5.4. Pelado químico

El pelado puede realizarse utilizando medios físicos y/ o químicos. Entre los físicos tenemos el pelado manual o a máquina y entre los químicos uno de los de mayor utilización es la inmersión en lejía de sosa (solución de hidróxido de sodio).

Los factores que influyen en la eficacia del pelado con el último método señalado son la concentración de la sosa, la temperatura de la solución y la duración de la inmersión.

El producto debe salir del baño con casi la totalidad de la piel adherida pero a punto de desprenderse. Si el producto sale con parte de la pulpa eliminada, la exposición ha sido excesiva.

Un tratamiento demasiado profundo provoca pérdidas y un mal acabado del producto.

En el sistema semiindustrial, la eliminación de la piel debe efectuarse manualmente. Después de la inmersión en lejía, se sumerge el producto en agua fría y se elimina la piel.

Luego se sumerge el producto durante 5 minutos en una solución de ácido cítrico al 1% (10 gramos de ácido cítrico por cada litro de agua) para neutralizar los residuos de sosa.

También para neutralizar, se puede utilizar jugo de limón preparando una solución de la siguiente manera: 250 mililitros de jugo de limón con 750 mililitros de agua potable y cuyo pH debe ser igual a 3.

Después de neutralizar una cierta cantidad de producto (con ácido cítrico o con solución de jugo de limón), la solución sufre un agotamiento, por lo que se recomienda controlar el pH de la solución con papel pH indicador cada cierto tiempo para mantener siempre su valor de 3. Si sube a un valor igual a 4, aumentar ácido cítrico o jugo de limón hasta bajar a 3.

Así por ejemplo en el pelado del durazno, la solución de hidróxido de sodio (NaOH) debe tener una concentración del 3%, una temperatura de aproximadamente 85°C y el tiempo de inmersión de 3 a 5 minutos.

Para preparar la solución se disuelve por cada litro de agua fría 30 gramos de hidróxido de sodio (NaOH), teniendo cuidado de utilizar guantes industriales y lentes de protección, así como también recipientes de pirex o de plástico porque la solución es exotérmica y fácilmente ataca al metal produciendo oxidación.



Facilita el proceso del secado

Para calentar la solución a 85°C se deberá utilizar ollas o recipientes de acero inoxidable o de hierro enlozado en excelente estado, resistentes al ataque del hidróxido y a las altas temperaturas. Recipientes de aluminio no pueden ser utilizados.

### 5.5 Agrietado

Este pretratamiento se utiliza principalmente con frutas como las ciruelas, higos, uvas, para conseguir un agrietado en la epidermis de su cáscara, facilitando de esta manera el proceso del secado.

El agrietado consiste en la inmersión de la fruta en una solución caliente (80°C) de hidróxido de sodio al 1% (preparar 10 gramos de hidróxido de sodio por cada litro de agua potable fría) por el lapso de 5 a 10 segundos, posteriormente lavar con agua potable y neutralizar durante 0.5 minutos con ácido cítrico al 0.2% (2 gramos de ácido cítrico en un litro de agua potable) antes de llevar a los secadores.

Acentúan el sabor original del alimento

### 5.6 Salado y almibarado

En el caso del salado nos referimos a la adición de cloruro de sodio (sal común) que dependiendo del producto a deshidratar, puede acentuar su sabor original; en el segundo caso a la adición de sacarosa (azúcar).

En estos dos procesos, el sabor es el limitante de la adición, debiendo solamente especificarse claramente la cantidad adicionada.

La acción común del salado y almibarado es la disminución de la actividad de agua que inhibe el desarrollo microbiano o por lo menos lo retarda, especialmente nos interesa mencionarlo como medio para facilitar la primera fase del secado.

También existen otros productos como: jaleas, mermeladas, encurtidos, etc. que utilizan este pretratamiento, aunque en su proceso no se contempla el deshidratado.



## Condiciones sanitarias

### 6.1 Agua

La multiplicidad de usos del agua en el proceso de deshidratado de alimentos (para lavado, escaldado, tratamiento térmico y limpieza) hace que se necesiten grandes cantidades del líquido y puede clasificarse como:

- **Agua potable**
- **Agua para desinfección**

### 6.2 Potabilización del agua

El agua a usar debe ser limpia y sanitariamente estable

El agua potable es el agua de uso general para procesos de alimentos, limpieza de la planta, equipos, utensilios etc.

Estas aguas deben ser blandas para liberarlas de sales solubles que puedan influir sobre la textura de ciertas frutas, causar depósitos sobre equipos o envases de vidrio.

Deben ser limpias y sanitariamente estables, esto es: potables, claras, libres de color y sabor, así como de iones tóxicos y bacterias patógenas.

Se deben eliminar todas las impurezas del producto

Todo producto alimenticio destinado a la deshidratación, debe ser bien lavado con agua potable, para eliminar todas las impurezas que porta en su superficie y hacer más efectivo el proceso.

Método de potabilización del agua

Para potabilizar el agua se utilizan hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o cloro en concentraciones adecuadas y luego se efectúa una evaluación del contenido final de cloro por medio de un clorímetro, que debe indicar de 3 a 5 ppm de cloro libre.

Para llegar a estas concentraciones disolver de 3 a 5 miligramos de hipoclorito de sodio por cada litro de agua (para



La desinfección de los productos nos garantiza su calidad microbiológica

Preparado de agua de desinfección

Se debe controlar la concentración de cloro constantemente

1 000 litros de agua disolver de 3 a 5 gramos de hipoclorito de sodio).

El tipo de agua que debe utilizar una planta deshidratadora de alimentos en todas sus instalaciones, debe ser siempre agua potable.

No se debe confiar en la calidad de agua potable de la planta, antes de comenzar con los procesos se debe realizar un control del contenido de cloro activo que como mínimo debe ser de 3 ppm.

### 6.3 Desinfección de productos

Los alimentos están expuestos a la invasión por gran variedad de microorganismos llevados por el viento o arrastrados por la lluvia y depositados sobre ellos, del mismo modo corren riesgo de contacto con materiales contaminados, como abonos animales o aguas de regadío.

Para garantizar la calidad microbiológica del producto final, la mayoría de los productos después de ser lavados con agua potable, deben someterse a una desinfección mediante la inmersión del producto por el lapso de 3 a 5 minutos en agua clorada (15 - 30 ppm de cloro libre) y posteriormente continuar con los siguientes procesos.

Para agua de desinfección se utilizan hipoclorito de sodio o cloro cuyo contenido final de cloro (evaluado por medio de un clorímetro) debe indicar 15 hasta 30 ppm (15 a 30 miligramos de hipoclorito de sodio por cada litro de agua o de 15 a 30 gramos en 1000 litros de agua).

El desinfectado con agua clorada es efectiva en productos alimenticios como frutas legumbres y hortalizas.

Mientras se va efectuando el desinfectado de los productos, el cloro del agua se va consumiendo, por lo tanto, el encargado deberá controlar la concentración de cloro cada 1 000 productos que se desinfecten o en su defecto cada media hora.

Para controlar la concentración del cloro se deberá usar el kit destinado a este efecto, de acuerdo a las indicaciones del equipo.



Se debe evitar el desvanecimiento

## 6.4 Uso de lavandina para potabilización y desinfección

También podemos utilizar LAVANDINA, producto que contiene una solución de hipoclorito de sodio con una concentración de Cloro Activo de 80 gramos por litro y se encuentra normalmente en todos los mercados y supermercados.

Para potabilizar 100 litros de agua colocar 3.75 ml de lavandina (3 - 5 ppm de cloro libre). La cantidad de lavandina deberá ser reducida para pequeñas cantidades de agua, por ejemplo para 2 litros de agua es suficiente colocar 3 gotas normales.

En el caso de desinfección, en 100 litros de agua colocar 37.5 ml de lavandina (15 -30 ppm de cloro libre) y para 2 litros de agua 14 gotas normales.

La lavandina debe manejarse con guantes y una vez abierta guardar en recipiente de plástico o vidrio bien tapado y mantener en lugar fresco y oscuro para evitar su desvanecimiento.

## 6.5 Control sanitario de personal e instalación de una planta deshidratadora de alimentos

Por la importancia de la salud e higiene del personal, se deben realizar exámenes médicos

La calidad de los productos deshidratados depende, de la salud e higiene del personal y por otro de la limpieza y desinfección de las instalaciones de la planta.

Si no se toman en cuenta estos dos aspectos de control sanitario, la calidad del producto disminuirá.

### A. Salud e higiene del personal

El personal encargado de la deshidratación de productos debe pasar periódicamente por una serie de exámenes médicos, para determinar su grado de salud.

Estos exámenes incluyen análisis de orina, de sangre, y de heces fecales, para tener conocimiento de la existencia de parásitos y otras enfermedades en el organismo del trabajador.

Se debe evitar el trabajo de personas desaseadas o enfermas

El personal además, debe cumplir con normas sanitarias, ya que cualquier imprudencia puede poner en peligro la salud del consumidor. En la práctica, se ha demostrado que las contaminaciones tienen origen en personas desaseadas o enfermas.



La limpieza y desinfección debe ser constante

Los detergentes utilizados no deben ser tóxicos, ni irritar la piel

Todo el personal, incluyendo los administradores, deben vestir algún tipo de cobertor de cabeza y lavarse manos antes de entrar al área de procesos.

Trabajadores con síntomas de diarrea, dolores de estómago, o mostrando signos de infección en la piel o quemaduras, deben ser enviados a tratamiento médico inmediato.

### B. Limpieza y desinfección de instalaciones

La limpieza de las instalaciones consiste en eliminar residuos y otras impurezas. La desinfección consiste en la destrucción de gérmenes patógenos y de otros microorganismos que pueden dañar la calidad del producto.

La limpieza y desinfección son dos operaciones consecutivas. La desinfección se debe efectuar momentos antes de usar el equipo.

Existen impurezas sueltas y masas pétreas pegadas. La suciedad se adhiere más fuertemente a las superficies rugosas que a las lisas. Por tanto el equipo debe ser de material liso y su configuración debe facilitar su limpieza.

### C. Detergentes y desinfectantes

Los detergentes deben reunir las siguientes condiciones:

- *Suavizar el agua y prevenir la sedimentación en el equipo, de sales no solubles*
- *Mejorar el poder humectante del agua para facilitar la limpieza*
- *Emulsificar la grasa en pequeños glóbulos para que no se adhiera a la superficie*
- *Dispersar las impurezas sólidas para eliminarlas fácilmente*
- *No ser tóxicos, ni irritar la piel*

Existen dos clases de detergentes, los alcalinos y los ácidos. Los detergentes alcalinos se componen principalmente de sosa cáustica, carbonato sódico, etc.

Los detergentes ácidos contienen ácidos nítrico, ácido fosfórico, ácido cítrico y ácido tartárico. Estos detergentes eliminan las sales minerales depositadas. Tienen la desventaja de ser muy corrosivos en los metales, por tanto, se deben añadir sustancias que inhiban el efecto corrosivo.



La desinfección se puede realizar mediante:

**a) Medios físicos**, como ser:

- Aplicación de vapor con esterilizante y calor se realiza en autoclave.
- Inmersión en agua hirviendo durante 10 min.
- El flameado, para desinfectar superficies.

**b) Medios químicos**, son muy utilizados por su fácil aplicación.

- El cloro es el desinfectante químico más utilizado; teniendo presente que en altas concentraciones provoca corrosión, especialmente en el aluminio y el cobre.

- También se puede utilizar soluciones de sosa cáustica como desinfectante como se muestra en la siguiente tabla.

Parámetros para el uso de sosa cáustica como desinfectante		
Concentración sosa cáustica	Temp.	Tiempo de contacto
3.7 a 5.0 %	50°C	5 min.
2.7 a 3.7 %	50°C	10 min.
2.7 a 3.7 %	60°C	5 min.
1.4 a 2.0 %	60°C	10 min.
1.2 a 1.4 %	70°C	5 min.
1.0 a 1.2 %	70°C	10 min.

Fuente: Marco Meyer "Control de calidad de Productos Agropecuarios"

Se debe usar el uniforme de protección

#### D. Operaciones de limpieza y desinfección

Las operaciones de limpieza de equipo y salas de producción se efectúan inmediatamente después del empleo de estos. La desinfección se realiza después de la limpieza y antes de su empleo.

Pasos a seguir para la limpieza y desinfección:

- **Remojo:** Para eliminar impurezas gruesas y suavizar la suciedad pegada (agua potable de 20°C a 40°C).
- **Limpieza:** Es el tallado y la eliminación de suciedades
- **Desinfección:** El equipo se pone en contacto con una solución desinfectante para destruir microbios
- **Drenado y secado:** Se aplica cuando el equipo no se va a utilizar

Los concentrados químicos son extremadamente cáusticos, por lo cual se deben emplear guantes, delantal, botas de goma y gafas protectoras.

Para tratar posibles quemaduras, se deben tener preparadas soluciones neutralizantes de ácido acético diluido al 2% (20 mililitros de ácido acético concentrado diluir en 1 litro de agua potable) y una solución de carbonato monoácido con una concentración de 1 a 2 %.



La construcción debe permitir una limpieza fácil

Todos los utensilios deben ser de acero inoxidable

Método de desinfección

El lavado de los secadores debe ser permanente

La eficacia de la limpieza y desinfección se evalúa por medio de normas microbiológicas.

La norma más conocida se basa en el control del número total de gérmenes por unidad de superficie del equipo que está en contacto con el producto en elaboración.

Para reducir el riesgo de contaminación, agua caliente, jabón y desinfectante deben estar no solo disponibles, sino prontamente accesibles.

## 6.6 Limpieza y desinfección de equipos y sala de procesos

La sala de procesos de una planta deshidratadora de alimentos debe tener pisos y paredes de fácil limpieza debiendo ser de material liso e impermeable al agua y grasa. Generalmente es usado cemento para el piso y azulejos para las paredes.

Los equipos que entran en contacto con el producto deben ser de acero inoxidable y de fácil limpieza (cuchillos, ollas, rodajadoras, etc).

La limpieza de los pisos, paredes, mesas de proceso, tinas, y otras superficies, consiste primero en lavarlos frotando con la ayuda de esponjas y cepillo acoplado con cerdas de nylon (para remover la suciedad dura), detergente y agua potable.

Posteriormente con la ayuda de mangueras enjuagar de tal manera de eliminar todas las impurezas existentes.

El segundo paso consiste en la desinfección, que con una solución de hipoclorito de sodio al 0.4% (4 gramos de hipoclorito de sodio disueltos por cada litro de agua potable) es efectiva para desinfectar el equipo, piso y paredes cuya aplicación debe realizarse con la ayuda de esponjas.

Teniendo cuidado de quitar enteramente ésta solución de los equipos y herramientas, con agua fresca, limpia, potable después de 10 minutos de su aplicación para evitar la corrosión del equipo.

## 6.7 Limpieza y desinfección de los secadores solares

Los secadores de manera rutinaria deben lavarse después de cada proceso y desinfectarse con agua clorada antes de introducir al secador los productos a deshidratar. Todo el proceso se realiza con guantes y mandiles.



Debe evitarse la formación de capas de polvo sobre el plástico

Desinfección con agua clorada

Se debe evitar la presencia de insectos y roedores

### Lavado

Si el tipo de bandejas que tiene el secador son móviles, lavarlas fuera del secador.

El lavado de las bandejas se realiza con la ayuda de cepillos con cerdas de nylon, jabón y agua potable teniendo cuidado de frotar con el cepillo toda el área de la bandeja tanto superior como inferior y enjuagar muy bien con abundante agua potable para que no queden residuos de jabón o detergente.

El techo y las paredes tanto internas como externas del secador, solo lavar con manguera, esponja y agua potable, cuidando de no dañar el plástico estabilizado.

Evitar siempre la formación de una capa de polvo sobre el plástico, porque perjudica el paso de los rayos solares hacia el interior del secador y es una fuente de contaminación muy próxima.

Del piso se deben eliminar, con la ayuda de escoba, manguera, detergente y agua potable, todas las partículas gruesas existentes, así como también el polvo depositado en él.

### Desinfección

Las bandejas de los secadores deben desinfectarse con agua clorada (ver 5.6) antes de introducir los productos a secar para eliminar cualquier microorganismo no deseado y garantizar de esta manera la calidad microbiológica final del producto seco.

En un recipiente de plástico colocar el agua clorada y con la ayuda de una esponja pasar por toda la superficie de las bandejas.

## 6.8 Fumigación de la planta

Es muy importante realizar un tratamiento riguroso contra el ataque de insectos y roedores, principalmente contra la infestación de polillas que son las que más problemas ocasionan y las más difíciles de combatir.

La infestación con polillas puede ser prevenida con varios métodos: La aplicación de insecticidas sintéticos o naturales.

El uso de insecticidas y repelentes sintéticos no es recomendable, porque dejan residuos tóxicos en el producto.



La fumigación periódica es importante

Se recomienda usar un insecticida a base de flores de piretro

Los repelentes naturales como la flor del piretro, muña, ciertos tipos de barbasco, humo de hojas de eucalipto, etc, aplicados en el secador y/o en la sala de almacenaje espantan las polillas sin tener efectos nocivos para la salud humana.

El grado de concentración del repelente natural debe ser estrictamente controlado para lograr la máxima eficiencia sin producir olores no típicos en el producto.

Un buen resultado obtenido hasta la fecha consiste en la fumigación periódica (cada 15 días) de toda la Planta Deshidratadora con Piretrina, un insecticida natural que se obtiene de las flores de piretro, producto biodegradable que no deja residuos, no es tóxico y por lo tanto no es nocivo para la salud.

La fumigación debe realizarse en la sala de recepción de productos, sala de procesos y sala de almacenamiento, principalmente.

La concentración de la piretrina efectiva contra la infestación de las polillas, moscas y mosquitos es de 0.1- 0.2%.

El uso de mallas mosquiteras antes, durante y después del secado también impide el acceso de insectos al producto.

Las puertas y ventanas de las instalaciones de la planta, deben tener mallas milimétricas que impidan el acceso de insectos, roedores, etc.

El mejoramiento de la calidad del proceso así como su optimización, es un proceso continuo, el cual se va perfeccionando en la práctica diaria y que se consigue con el concurso de los trabajadores.



7

## Seguridad del personal de planta

Es importante que dentro de las labores desarrolladas en la planta se observen normas de seguridad que coadyuven a impedir accidentes que puedan provocar daños tanto al personal de la planta como a las instalaciones y equipos.

Debe protegerse la integridad física de los trabajadores

Los accidentes además del daño directo que provocan, inciden también sobre la productividad de la empresa al alejar de su fuente de trabajo al accidentado ya sea por horas o días, según la gravedad del mismo, además de distraer a los trabajadores, supervisor, etc.

El uso del uniforme completo de trabajo debe ser obligatorio

En el campo del secado solar de alimentos, el personal de planta debe estar concientizado de la importancia que tiene el uso del uniforme completo de trabajo. El mismo que debe encontrarse en condiciones higiénicas adecuadas para el tipo de trabajo que se va a realizar, principalmente con el personal de planta que estará en contacto directo con los alimentos: mandiles, guantes, gorras, barbijos, lentes y botas.

Estos accesorios no solamente sirven para garantizar la calidad final del producto, sino también para cuidar la integridad física de los trabajadores que siempre estarán expuestos a cortaduras, quemaduras, intoxicaciones etc.

Riesgos latentes principalmente debido a la manipulación de productos con características especiales, cuchillos, maquinarias, ollas a altas temperaturas, reactivos exotérmicos etc.

Los trabajadores que se encuentren por grandes períodos de tiempo expuestos a la luz solar, ya sea en la manipulación de la materia prima dentro de los secadores o en el transporte hacia los mismos, deben protegerse adecuadamente con gorras, guantes y otras prendas, evitando siempre la exposición de la piel al sol por periodos prolongados.



El uso de letreros  
llamativos es importante

En todos los casos en los que se utilicen sustancias químicas ya sea orgánicas o inorgánicas, en forma líquida o en polvo, éstas deben estar adecuadamente almacenadas y etiquetadas, de tal forma de no dar lugar a confusiones.

Si las sustancias son inflamables o sujetas a deterioro con la temperatura, deben de igual forma ser almacenadas en lugares frescos y lejos de otras sustancias con las que podrían reaccionar. En general se aconseja seguir las recomendaciones de los proveedores.

Deben procurarse también que ciertas normas como: "**alto voltaje**", "**no fumar**", "**no comer**", "**no vestir joyas ni otros adornos**", estén especificadas en letreros visibles en todas las salas que impliquen proceso, como también exigir que se cumplan para evitar accidentes.

Todos los casos de accidentes presentados en la planta, e incluso aquellos incidentes que pudieron haber ocasionado accidentes pero fueron evitados, deben ser notificados a la gerencia siguiendo la política de "*no encontrar culpables*", sino más bien de adoptar medidas de seguridad que permitan a futuro evitar que se vuelva a repetir el accidente o llegue a concretizarse en un próximo incidente.

En este sentido, se debe inculcar en la empresa un concepto de seguridad participativa.

Se recomienda una sección corta (2 a 3 horas) cada 6 meses para recordar normas de seguridad, y para evitar la monotonía en los letreros el cambio de posición o de figuras.



## Análisis de los productos acabados

### 8.1 Actividad de agua

Existen varias formas de definir la actividad de agua, a continuación citaremos algunas:

- *humedad disponible para procesos de deterioro químicos y microbiológicos*
- *punto de equilibrio de las humedades relativas del producto y del aire*

Las múltiples funciones que cumple el agua en el desarrollo de los microorganismos, pueden resumirse en tres:

- *Vehículo de sustancias nutricias*
- *Solvente de sales*
- *Catalizador en diferentes reacciones químicas*

Si la disponibilidad del agua se ve disminuida afectará el crecimiento microbiano, entendiéndose como tal la incapacidad de reproducción.

La resistencia a la falta de agua disponible no es idéntica para todos los microorganismos, así por ejemplo, es mayor en los hongos (mohos y levaduras) que en las bacterias.

En los alimentos, la actividad de agua mínima para el crecimiento de microorganismos según su tipo, se especifica en la tabla 8–a.

En el secado de alimentos con energías convencionales se llega con relativa facilidad a un porcentaje de humedad final de 2% a 3%.

Tabla 8–a

#### Actividad de agua mínima para el crecimiento de microorganismos

Microorganismos	aw
Bacterias normales	0.91
Levaduras normales	0.88
Mohos normales	0.80
Bacterias halófilas	0.75
Mohos xerófilos	0.62
Levaduras osmófilas	0.62



El riguroso control de la actividad de agua es vital para un buen producto

Determina la aceptación o rechazo del producto

En el proceso de secado de alimentos con energía solar no se consiguen fácilmente humedades menores a 8%. Esta diferencia hace necesario un mayor cuidado en la calidad del producto final y especialmente en su actividad de agua.

La actividad del agua es un parámetro que debe analizarse por una parte como un inhibidor de la proliferación o crecimiento de los microorganismos a rangos menores a 0.70, y también por su relación con las reacciones químicas internas propias del alimento, en éste último aspecto debe tenerse en cuenta que entre 0.60 y 0.70 existe la posibilidad de un aumento de pardeamiento no enzimático.

Con un adecuado deshidratado solar y riguroso control de la actividad de agua de los productos finales, muchos de los deterioros químicos y especialmente microbiológicos puede evitarse y obtener una estabilidad microbiológica y disminución en la actividad química, permitiendo un producto seco con mayor tiempo de conservación.

Para garantizar la estabilidad de productos secos, se requiere de actividades de agua entre 0.55 y 0.65.

En el secado solar, una manera de evitar el deterioro bacteriológico del alimento consiste en iniciar el proceso de secado en las primeras horas de la mañana para bajar rápidamente el rango de actividad de agua (0.8 - 1.0), que es el óptimo para las bacterias.

La medición de la actividad de agua se puede realizar mediante aparatos especiales e instrumentos electrónicos, que trabajan con aceptable capacidad, rapidéz y exactitud.

## 8.2 Evaluación organoléptica

La evaluación organoléptica consiste en el examen de características tales como color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación es la que determina la aceptación o el rechazo del producto.

Estas características tienen mayor influencia en el consumidor que las reglamentaciones sanitarias. La evaluación organoléptica se efectúa para detener, cambiar o rectificar el proceso de elaboración cuando el producto no alcanza el nivel deseado, aunque cumpla con las reglamentaciones sanitarias.



Concepto de pérdida de masa e índice de reducción

Determinación de la humedad de un producto

### 8.3 Análisis físicos generales

La masa, determinación de materia seca, cenizas y humedad son análisis necesarios para la evaluación de los productos deshidratados.

#### A. Pérdida de Masa

La pérdida de masa de un producto seco es igual a la diferencia entre la masa inicial del producto fresco (antes de ingresar al secador) y la masa final del producto seco:

**Pérdida de masa =  $M_i - M_f$ .**

Conociendo la masa final del producto seco, podemos determinar el índice de reducción del producto, relación entre la masa del producto fresco y la masa del producto seco ( **$I_r = M_i / M_f$** ), así como también la humedad final del producto seco, porcentaje de deshechos, pérdidas, etc.

Existen muchos tipos de balanzas, las cuales sirven para determinar la masa y varían según el funcionamiento, construcción, capacidad y precisión que se requiera.

Las balanzas deben ser revisadas periódicamente, para evitar un mal funcionamiento.

#### B. Humedad

Mediante la evaporación del agua contenida en un producto, se determina el porcentaje de materia seca y la humedad de dicho producto. La evaporación se la puede realizar en una estufa a una temperatura constante, realizando un registro y con la ayuda de una balanza de precisión de la siguiente manera:

- Se toma una muestra del producto fresco, se pesa y luego se lleva a una estufa que debe estar a temperatura constante (50°C -70°C).
- Después de media hora, retirar la muestra de la estufa, tomar nota de su nueva masa y regresar la muestra a la estufa. Este paso se repite hasta que la muestra llegue a una masa constante, la que será la masa final de la muestra seca.

Los análisis se deben realizar dos veces para un mejor control de ellos. Los resultados no deben diferir mucho entre sí.

Si los resultados difieren considerablemente, esto indica que se ha realizado un mal muestreo o que el manejo de las muestras fue deficiente.



Existen empresas como la SARTORIUS que producen aparatos de medición de humedad, estos aparatos consisten en balanzas con calefacción al infrarrojo incorporada, que trabajan con buena exactitud y bastante rápido (máximo una hora por muestra).

Se pueden obtener resultados directos de masa, humedad en base húmeda, en base seca, así como también se puede determinar su curva de secado.

El porcentaje de agua que tiene un producto puede ser medido de dos maneras:

$$\text{Humedad relativa HR} = \frac{\text{Cantidad de agua (kg.)}}{\text{Masa total (kg.)}} \times 100 \text{ (base húmeda)}$$

$$\text{Humedad absoluta X} = \frac{\text{Cantidad de agua (kg. de agua)}}{\text{Masa seca (kg. de masa seca)}} \text{ (base seca)}$$

Conociendo HR se puede conocer X y viceversa, utilizando las siguientes relaciones:

$$\text{HR} = \frac{X}{100 - \text{HR}} \quad \text{X} = \frac{\text{HR}}{1 + X}$$

Se define como masa total de un producto, a la cantidad de agua contenida mas la masa seca (**M = Ma + Ms**).

### 8.4 Análisis químicos

Los análisis químicos son necesarios para determinar los contenidos de colorantes o saborizantes del producto, contenido de proteínas, vitaminas, carbohidratos, grasas, etc. y residuos químicos principalmente.

Dichos análisis requieren de métodos, equipos y reactivos es decir de un laboratorio muy bien equipado y de personal calificado.

### 8.5 Análisis microbiológicos

La industrialización de alimentos secos exige medidas de control de la calidad microbiológica. Los resultados del análisis microbiológico de alimentos deshidratados de origen vegetal no deben sobrepasar los parámetros de la tabla 8-b.

Control de la calidad microbiológica



Tabla 8 – b

**Parámetros de análisis microbiológicos**

Gérmenes	Col./gramo
<b>Gérmenes total</b>	100.000
<b>Coliformes</b>	100
<b>E. coli</b>	10
<b>Bacillus cereus</b>	1.000
<b>Stafilococcus</b>	100
<b>Hongos</b>	300
<b>Salmonella</b>	0 en 50 gramos

**Fuente:** Rebole Thomas, Asesoría sobre la tecnología de alimentos sometidos al secado Solar, Lima, 1988.

La identificación de las muestras analizadas es importante

Los análisis microbiológicos son importantes en el control de calidad para detectar microorganismos que pueden ser patógenos o no patógenos. Los análisis microbiológicos incluyen los siguientes:

- Análisis rutinarios, para controlar el proceso de elaboración
- Análisis para detectar el grado de frescura de la materia prima
- Análisis para investigar causas de descomposición del producto
- Análisis de productos sospechosos de producir intoxicaciones

Los análisis microbiológicos incluyen la cuenta total de microorganismos, la cuenta total de mohos y levaduras, la determinación de colibacterias, la determinación de estreptococos, la determinación de Salmonella y Shigella, fundamentalmente.

**8.6 Muestras**

Para los análisis físicos, químicos y microbiológicos de los productos secos, se deben tomar muestras representativas de la producción. Si la línea es continua, se toma una muestra al azar, a determinados intervalos.

En la producción discontinua, se toman muestras por lote. De lotes pequeños, se toma 3% como muestra. De lotes grandes y de producción continua se toma 0.5%.

La muestra tomada se numera y coloca en tablas con los siguientes datos:

- *Producto en proceso*
- *Fecha*
- *Hora en que se toma la muestra*
- *Aspecto externo al momento del muestreo*
- *Persona a cargo*
- *Masa inicial*
- *Temperatura interna del secador*
- *Temperatura externa*
- *Flujo de aire*
- *Humedad relativa*
- *Observación del tiempo (nuboso, soleado, lluvioso, etc.)*



Además se debe mencionar el tratamiento que haya recibido el producto.

El producto se toma con un sacabocados, y debe ser analizado lo más rápido posible, para evitar alteraciones.



Los materiales utilizados son variados

Debe evitarse el manipuleo innecesario

## Empacado y almacenado

El empaque se realiza con el objeto de proteger al producto deshidratado de problemas de rehidratación y/o de riesgos de ataque de insectos y otros, utilizando para ello materiales con poca permeabilidad al vapor de agua, como el celofán, el polietileno, el polipropileno, y/o cajas de cartón o madera forradas y/o latas según requerimiento de transporte y tiempo de almacenaje.

Un buen empaque sirve a dos propósitos los cuales son esencialmente técnicos y de presentación.

Cambios técnicos en el empaque apuntan a extender la vida del producto mejorando la protección del alimento de todos los riesgos a los que esta sometido durante el almacenaje, distribución y uso.

Cambiando un tipo de bolsa plástica a otra por ejemplo puede significar que menos humedad de la atmósfera es absorbida por el alimento extendiendo por tanto la vida del mismo. Haciendo que la bolsa pueda ser cerrada de nuevo una vez abierta significaría que el consumidor podría guardar la comida en buenas condiciones por más tiempo en su casa.

Si la vida del producto es extendida entonces puede ser posible comercializar el producto sobre una área más grande y por tanto incrementar las ventas.

La presentación del empaque no hace nada por mantener el alimento más tiempo o en mejores condiciones; sin embargo, un empaque con buena presentación incrementa las ventas al crear una imagen de marca que el comprador al instante reconoce. Ello también apela al consumidor en términos de forma, tamaño, color, conveniencia, etc.

El objetivo último de un buen empaque es incrementar las ventas contra cualquier competidor y así mejorar el ingreso del productor. Esto no puede ser logrado sin un costo.



La elección del material depende de la disponibilidad local

Ello no es solamente el costo directo del material de empaque que necesita ser considerado sino también otros cambios tales como un diferente sistema de procesamiento, equipo de envasado, capacitación del personal, etc.

Cuando la pequeña y mediana industria productora de alimentos considera la realización de mejoras a su existente sistema de empaque, enfrenta difíciles decisiones que necesitará un cuidadoso análisis e investigación.

Uno de los problemas principales es la imposibilidad de realmente saber si los cambios propuestos ciertamente resultarán en un incremento de las ventas que tendrá que ocurrir para cubrir los costos involucrados.

Adicionalmente, para muchos de los pequeños productores, la elección no es realmente suya sino más bien depende de los tipos de empaque disponibles localmente. En la mayoría de los casos, no será posible seleccionar el mejor tipo de empaque sino solamente la mejor alternativa disponible.

Algunos de los factores positivos y negativos que necesitan ser analizados en la elección del empaque se incluyen en la tabla siguiente:

Factores a analizar para la elección del empaque

Positivo	Negativo
¿Cuanto más se extenderá la vida del producto?	¿Cuanto más el nuevo empaque incrementará el costo de venta del producto?
¿Se reducirán las pérdidas de alimento?	¿Será necesitado nuevo equipo y a que costo?
¿Puede el empaque resultar en una más amplia distribución, si es cierto a que costo?	¿El personal necesitará capacitación y a que costo?
¿El empaque dará acceso a una nueva área del mercado?	¿Será necesario implementar sistemas especiales de control de calidad?
¿Cuanto más competitivo será el producto?	¿Será necesario contratar expertos externos?



Las propiedades del empaque dependerán del producto

La permeabilidad es una de las características más importante del empaque

## 9.1 Propiedades importantes en el material de empaque escogido

Las propiedades de permeabilidad son la resistencia que un paquete tiene a la humedad, aire, luz, micro-organismos, perforación, etc.

La medición de las propiedades da un indicador de la cantidad de protección que es dada a un alimento en particular por el material de empaque.

Las películas flexibles (celofán, polietileno, polipropileno, etc.) tienen una gran variación en sus propiedades en contraste a otros materiales tales como latas y recipientes de vidrio.

El productor no tiene que especificar el grado de protección adecuado cuando encarga latas o recipientes de vidrio porque ellos son completamente impermeables.

Sin embargo, debido a la amplia variedad en las propiedades de las películas, debidas a las diferencias en los tipos existentes o aun diferencias en el grosor de la misma película es necesario para el productor cuidadosamente especificar el grado de protección requerido para un producto dado.

Alternativamente, si solo hay un limitado rango de películas disponibles es mas difícil para el productor saber si hay alguna adecuada para el uso necesitado. En estos casos el productor debería preguntar al proveedor del empaque si el uso intentado será adecuado para la película disponible.

Las propiedades de permeabilidad de las películas y otros materiales de empaque son descritas por dos factores principales:

- la Tasa de Transmisión de Vapor de Agua (**WVTR**)
- la Tasa de Transmisión de Oxígeno (**OTR**)

Estas son medidas de cuanto vapor de agua u oxígeno es capaz de pasar a través de una área conocida de material de empaque en un tiempo dado (por convención esto es usualmente la suma que pasa a través de un metro de material en 24 horas). Las unidades de **WVTR** y **OTR** son por consiguiente: gr. o ml/m<sup>2</sup>/24 h.

Cuanto más alto el valor de **WVTR** o **OTR** más permeable es el material a la humedad o aire (o poniéndolo de otra forma, cuanto más bajo el valor el material es mejor barrera para la humedad o el aire).



La identificación adecuada del producto es determinante

La etiqueta debe reflejar las bondades del producto

Debido a que la permeabilidad de la mayoría de los materiales varía con la temperatura y la humedad del aire circundante es usual medir **WVTR** y **OTR** bajo condiciones conocidas del aire (25 °C y 65% humedad relativa).

Es importante para un productor de alimentos el conocer las condiciones sobre las cuales el producto va a ser generalmente almacenado, puesto que en base a esta información el productor seleccionará un empaque que cumpla con las propiedades de permeabilidad requeridas, debiendo evaluarse la vida deseada del alimento bajo condiciones de almacenamiento similares.

## 9.2 Etiquetas

Aunque la etiqueta sobre un empaque generalmente tiene un rol poco funcional en términos de protección del producto, es sin embargo de vital importancia.

La etiqueta es el primer punto de contacto entre el productor y el comprador y debería ser por consiguiente parte integral del plan de mercadeo del producto.

No debe ser solamente una pieza de papel pegado sobre el empaque sino más bien la expresión de un número importante de decisiones que han sido tomadas acerca del mercadeo del producto.

Buenas etiquetas no son solamente para productores grandes, sino que pueden ser usadas por pequeñas empresas también. Si los productores tienen confianza en sus productos esta confianza debería mostrarse a través del punto de venta.

La información que debe estar incluida en una etiqueta varía dependiendo del país y el producto. La mayoría de los países disponen algunas leyes de etiquetado de alimentos y el productor debería consultar a las autoridades locales antes de diseñar una etiqueta.

Como mínimo la etiqueta debería claramente incluir:

- *el nombre del producto*
- *el peso neto*
- *los ingredientes en orden de cantidad*
- *el nombre y dirección del productor*
- *la marca*



Se debe utilizar equipo, material y cuidados para realizar el empaque

Otra información tal como **¡consumir antes de!** puede ser requerida también. Esto puede ser hecho utilizando sellos de fecha rotativos (el tipo utilizado en las oficinas).

Si un producto con una vida de seis meses fue producido en 1/4/97 deberá ser estampado “consumir antes del 1/10/97”.

### 9.3 Llenado y Sellado

Luego de introducir el producto en el envase, se debe proceder inmediatamente al sellado, quitando cuidadosamente todo el aire posible del interior del envase para evitar exposición directa del producto con el aire del medio ambiente y cualquier ataque de insectos.

Estos envases no deben abrirse con las manos sin guantes. En caso de uso de bolsas plásticas, no se deben abrir soplando. Todo el proceso debe realizarse con la vestimenta adecuada (botas, mandiles, barbijos, guantes, gorros).

Para efectuar el empaque, el producto debe encontrarse frío, a la misma temperatura del medio ambiente, de lo contrario ocurrirá condensación y rehidratación del producto seco dentro del envase cerrado o sellado.

El almacenamiento del producto empacado, debe realizarse en locales frescos, secos y de preferencia oscuros, hasta su envío al consumidor.



10

## Deshidratado de frutas y hortalizas

El estado de madurez de las frutas es importante

Las frutas son especies vivas que siguen respirando después de la cosecha, es decir, absorben oxígeno y expelen bióxido de carbono.

La respiración va acompañada de la transpiración del agua contenida en las células. Es por esta transpiración que las frutas se marchitan.

El estado de madurez de las frutas es importante para obtener un producto con las características deseadas. La maduración de las frutas ya sea en la planta o después de la cosecha, conduce a un equilibrio óptimo en sus propiedades organolépticas.

La cosecha de éstas debe efectuarse en el momento adecuado. Una recolección en una época inadecuada favorece el desarrollo de anomalías que son perjudiciales para la elaboración y conservación del producto.

La cosecha temprana o tardía del producto es determinante

Una recolección temprana impide la maduración del producto durante su almacenamiento. Además, la fruta demasiado verde es propensa a alteraciones fisiológicas y a una elevada transpiración.

El producto cosechado tardíamente tiene un tiempo de conservación menor. Además, es más sensible a la podredumbre y a los efectos adversos de la manipulación.

Es difícil dar reglas generales sobre el nivel de maduración de los productos, por lo que se recomienda hacer pruebas con cada producto bajo las condiciones climáticas del lugar.

Las frutas tienen en general, como característica común una consistencia carnosa, son ricas en azúcares, tienen una



**Diagrama general del deshidratado de frutas y hortalizas**



acidéz relativamente elevada y perfume pronunciado; usualmente se consumen en crudo.

La mayor parte de las frutas contienen un promedio de 85% de agua, 3% de sustancias como glucosa, fructosa y sacarosa, y 2% de proteínas. El resto del contenido sólido consiste en celulosa, compuestos pécticos (que contribuyen a dar consistencia a las frutas como la pectina), sales y vitaminas.

En general contienen más azúcares y ácidos orgánicos y menos almidón, proteínas y sales minerales que las legumbres.

La proporción de los diversos constituyentes químicos varía considerablemente durante el crecimiento, maduración, almacenamiento, etc.

Las frutas contienen los siguientes ácidos orgánicos:

- **Acido cítrico**, que se encuentra en naranjas, limones, toronjas y fresas.
- **Acido málico**, que se encuentra en manzanas y plátanos.
- **Acido tartárico**, que se encuentra en la uva.

Las frutas representan una fuente importante de vitaminas. Las más importantes son la A y la C. Así las frutas ricas en vitamina C son las cítricas, grosella, fresa y ricas en vitamina A son las frutas amarillas, como el damasco y mango.

Las frutas también son una fuente de minerales, como potasio, fósforo, hierro, azufre y magnesio.

En el proceso de Secado Solar Técnico, las frutas sufren una pérdida de vitaminas A y C, siendo esta pérdida aproximadamente igual a un 60 % o más.

Estas pérdidas son mucho mayores si el secado se realiza directo al sol. El sulfitado ayuda a preservar la vitamina C, pero tiene efecto destructivo sobre la tiamina.

Las hortalizas, pertenecen a un grupo de alimentos que aportan importantes fuentes, de vitaminas a la dieta humana. Las hortalizas sometidas a deshidratación pueden ser conservadas durante todo el año y abastecer a regiones donde no se producen.



De esta manera se puede ayudar a mejorar la dieta humana, puesto que las hortalizas son necesarias desde los primeros meses de vida.

Es en esta primera etapa, donde se introducen a la dieta humana, las hortalizas y legumbres, a través de papillas de zanahoria, papa, zapallo, que son importantes durante la ablactación donde el niño conoce nuevos alimentos y recibe estímulos que amplían su campo de recepción sensorial, ocular, olfativa y gustativa .

Es importante resaltar que estos alimentos cubren demandas nutricionales, las que ya no se alcanzan a cubrir sólo con leche materna a partir de los 6 - 8 meses de edad.



## Tecnologías de procesamiento

### 11.1 Producción de banana higo

Las etapas a seguir para la obtención del banana higo, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Separación de dedos
- c) Lavado
- d) Mondado
- e) Pre-tratamiento
- f) Secado
- g) Empacado



#### A. Selección de la Materia Prima

La materia prima está constituida por banana maduro (se obtuvieron buenos resultados con la variedad **cavendish**), cuyo color de cáscara sea enteramente amarillo (sin trazas verdes) o que inclusive tenga pintas marrón, hasta en un 5% de su superficie.

- El tamaño más apropiado está alrededor de los quince centímetros de largo, con un diámetro que de preferencia no exceda los cuatro centímetros.
- Se debe procurar que los bananos seleccionados se encuentren en el mismo estado de maduración.



### RECOMENDACIONES

- *Es importante utilizar la materia prima con el nivel de madurez indicado.*
- *Algunos métodos usados en la maduración artificial de los bananos recomiendan empilarlos en un lugar bajo techo y sobre el piso cubierto de periódicos (papel) y cubrirlos con lonas de tal manera de evitar la exposición directa a la luz, lluvia y bajas temperaturas.*
- *En el manejo de los bananos se debe evitar causarles golpes y magulladuras.*



### B. Separación de “dedos”

- Los "dedos" de la banana se separan del tallo en forma manual, con el auxilio de un cuchillo de acero inoxidable.
- Los "dedos" separados, son frágiles, por tanto, deben tratárselos con mucho cuidado (evitar arrojarlos, amontonarlos en capas muy elevadas - más de 40 centímetros de altura- ).

### RECOMENDACIONES

- *Solamente se deben usar cuchillos de acero inoxidable.*

### C. Lavado

Se debe realizar en dos etapas:

1. La primera etapa consiste en el lavado propiamente dicho, y tiene por objeto librar a los bananos de materias extrañas. Este lavado se lleva a cabo en una tina con abundante agua potable.
2. La segunda etapa consiste en la desinfección de los bananos. Esta desinfección se realiza introduciendo los bananos en una tina u otro recipiente que contenga agua clorada para desinfección, con una *concentración entre 15 y 30 ppm de cloro activo.*



El tiempo de inmersión de los bananos en el lavado, como también en el desinfectado, no debe exceder los 15 minutos.

La preparación del agua clorada y el control de la concentración de cloro que se debe realizar, se explica en los puntos 5.2-5.3

### RECOMENDACIONES

*Para facilitar el lavado y/o desinfectado, se pueden usar mallas de la siguiente manera:*

- *Llenar de agua potable la tina de lavado hasta cierto nivel.*
- *Extender la malla dentro de la tina y asegurar sus bordes con los ganchos que tiene la tina en la parte superior de las paredes.*
- *Introducir los bananos encima de la malla.*
- *Completar con agua potable hasta cubrir todo el banano para proseguir con el lavado.*
- *Dependiendo de la cantidad de banano a ser lavado, dos o más personas son requeridas para llevar a cabo esta operación. Estas personas deben sujetar la malla por las esquinas, agitar, mover arriba y abajo, de un extremo otro, y retirar la malla con más el banano de la tina de lavado cuando terminada la operación.*
- *Durante esta parte del proceso se debe evitar la excesiva manipulación de los bananos y una inmersión muy prolongada, de modo de no ocasionar daños físicos a los bananos.*

### D. Mondado

Se debe realizar utilizando cuchillos de acero inoxidable.

El desprendimiento de la cáscara estará facilitado por la madurez del banano y para facilitar esta operación, se debe iniciar con el despuntado.

Después de terminar este proceso se debe inspeccionar que no queden restos de fibra de la cáscara sobre el fruto.

Los bananos mondados se deben ir colocando en recipientes (ejem. baldes), hasta una cantidad aproximada de 8 kilogramos (aproximadamente 100 a 120 bananos), que en un balde de 12 litros representa un llenado de las 3/4 partes.



### RECOMENDACIONES

- Se recomienda acentuar los cuidados de manipulación, puesto que el banano sin cáscara es muy susceptible a sufrir magulladuras, quebramiento y rupturas.



### E. Pre-Tratamiento

El pre-tratamiento consiste en la inmersión de los bananos en una solución de jugo de limón natural.

La solución se prepara mezclando 10 litros de agua potable con 2 litros de jugo puro de limón (concentración: 200 mililitros de jugo de limón para 1000 mililitros de agua potable).

La solución a utilizarse deberá estar a temperatura ambiente.

En este paso, en los recipientes que contienen aproximadamente 8 kilogramos de bananos, se vierte la solución de jugo de limón, hasta cubrir los bananos totalmente.

El tiempo de inmersión de los bananos debe ser de 15 minutos, no menos.

Durante la inmersión, los bananos no deben ser manipulados (removidos, agitados etc.), ni escurridos una vez que finalice el tiempo de inmersión. Se debe llevar al secador los bananos en el recipiente que los contiene con más la solución, para evitar que se maltraten.

### RECOMENDACIONES

- El tiempo de inmersión es determinante para la calidad del producto final, por lo que se recomienda no variarlo bajo ninguna circunstancia.
- Tiempo recomendado para el uso de la solución de jugo de limón: un solo día laboral. Por lo tanto no debe utilizarse una solución preparada el día anterior, ya que existe un deterioro en la calidad microbiológica.



- Para la preparación de la solución de inmersión, se debe tener en cuenta que cada banana consume aproximadamente 3 mililitros. Esto significa aproximadamente que cada 1 000 bananas consumen 3 litros de solución.
- Se debe controlar el pH de la solución, con papel pH indicador, cada 2 horas aproximadamente para evitar que suba el pH a 4. Si existe un aumento del pH a 4, aumentar jugo de limón hasta bajar el pH a 3.



## F. Secado

Para colocar los bananos en las bandejas, estos deben ser sacados directamente de los recipientes con solución de inmersión uno por uno.

Este paso evita un maltrato de la superficie del banano y un manipuleo excesivo innecesario, además de un acaramelado de las bandejas del secador, lo cual sucede en caso de vaciar sobre la bandeja todos los bananos a la vez.

Para proceder con el deshidratado de los bananos, en los secadores solares de que dispone la planta procesadora, estos se deben colocar en las bandejas siguiendo un ordenamiento simétrico con espacio aproximado entre ellos de 0.5 a 1 centímetro.

Esta forma de colocarlos permite un recojo adecuado (más rápido y ordenado) y un aumento en la densidad de carga, que aproximadamente es de 12 kilogramos por metro cuadrado.

Durante el secado no es necesario remover los bananos. Si se quiere facilitar la operación de recojo, los bananos se pueden volcar un día antes al recojo.

De preferencia el recojo debe realizarse alrededor de las 18:00 a 20:00 p.m., para evitar problemas de condensación.

El producto final seco no se pega a los dedos ni a las mallas, no se rompe, puede cambiar de forma, su consistencia es plástica.

El tiempo promedio de secado es de 6 a 8 días sin lluvia, aproximadamente a 18°C de temperatura media ambiente.



El producto final tiene un índice de reducción de 3.6 a 4.0, con una humedad de 15 a 18% y una actividad de agua de 0.5 a 0.65.

#### RECOMENDACIONES

- *Los bananos, en el proceso de colocado en las bandejas de los secadores, no deben ser arrastrados sobre la malla, sino levantados y colocados individualmente, tanto en la carga como en el recojo.*



#### G. Empacado

El empackado se debe realizar tomando las precauciones contra vectores referidos en el punto 9.

En el caso de utilizar bolsas plásticas o celofán para el empacketamiento, se debe tener mucho cuidado cuando se introduce los bananos en la bolsa, de modo de no doblar los bananos ni manchar el interior de las paredes de la bolsa, cuyo efecto resultante no es atractivo para la vista.

Si se utilizan cajas de cartón, los bananos deben ser introducidos en forma ordenada, uno encima de otro, para proteger sus superficies y ganar espacio.

#### RECOMENDACIONES FINALES

- *El mejoramiento de la calidad del proceso así como su optimización, es un proceso continuo, el cual se va perfeccionando en la práctica diaria y que se consigue con el concurso de los trabajadores.*



## 11.2 Producción de papaya deshidratada

Las etapas que se siguen para la obtención de la papaya (Carica papaya) deshidratada, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Lavado
- c) Pelado y despepado
- d) Rebanado
- e) Pre-tratamiento
- f) Secado
- g) Empacado



### A. Selección de la Materia Prima

La materia prima está constituida por papaya madura, ya sea de variedad naranja o roja, cuyo contenido de látex sea mínimo y al tacto semi blando. El tamaño puede ser variado.

#### RECOMENDACIONES

- *Es importante que toda la materia prima que se utilice, tenga el mismo nivel de madurez indicado.*
- *En el manejo de las papayas se debe evitar causarles golpes y magulladuras.*



## B. Lavado

Se debe realizar en dos etapas (Vea bananos 10.1 - c):

1. La primera etapa consiste en el lavado y se realiza con abundante agua potable.
2. La segunda etapa consiste en desinfectar las papayas con agua clorada (15-30 ppm de cloro activo).

El tiempo de inmersión de las papayas en el lavado como también en el desinfectado, no debe exceder los 15 minutos.

Mientras se va efectuando el desinfectado de las papayas, controlar la concentración el cloro cada 100 papayas desinfectadas o cada media hora.

### RECOMENDACIONES

*\* El lavado de las papayas debe ser manual y durante esta parte del proceso, se debe evitar la excesiva manipulación y una inmersión muy prolongada, de modo de no causar daños físicos a las papayas.*



## C. Pelado y Despepado

El pelado se debe realizar utilizando cuchillos de acero inoxidable, teniendo el cuidado de no dejar restos de la cáscara. Inmediatamente después del pelado, se procede con el despepado.

Este procedimiento requiere de un corte longitudinal, que divide a la papaya en dos partes, quedando expuestas las semillas. Estas deben retirarse cuidando que no queden restos de las inervaciones o filamentos que las sostienen.

Para retirar las semillas pueden utilizarse paletas de acero inoxidable o de madera.





#### D. Rebanado

Este proceso se realiza con ayuda de cuchillos de acero inoxidable, haciendo cortes longitudinales sucesivos, para la obtención de lonjas de aproximadamente 1 centímetro de espesor y de unos 15 centímetros de largo, cuando los frutos son grandes.

Cuando las papayas a secarse tienen un tamaño inferior a 15 centímetros y un espesor de pulpa cercano a 1 centímetro, pueden secarse directamente en 2 mitades.

A veces se prefiere cortar las papayas en cubitos, cuidando que estos no tengan espesores superiores a 2 centímetros.

Las lonjas o cubitos se van colocando cuidadosamente en recipientes apropiados junto con la solución de inmersión.

#### RECOMENDACIONES

- *Se recomienda acentuar los cuidados de manipulación, puesto que las papayas maduras y peladas (y aún más en lonjas), son muy susceptibles a sufrir magulladuras, quebramiento y rupturas.*



#### E. Pre-Tratamiento

El pre-tratamiento consiste en la inmersión de las papayas en una solución de azúcar. Esta solución se prepara mezclando 10 litros de agua potable con 3 Kilogramos de azúcar. La solución a utilizarse deberá estar a temperatura ambiente.

En esta etapa, se vierte la solución de inmersión sobre los trozos de papaya, hasta cubrirlos totalmente.

El tiempo de inmersión de las papayas debe estar entre 2 y 5 minutos.

Durante la inmersión, las papayas no deben ser manipuladas (removidas, agitadas etc.), ni escurridas una vez que finalice el tiempo de inmersión.

Deben trasladarse al secador en el recipiente que los contiene inmersas en la solución de azúcar.



### RECOMENDACIONES

- *El tiempo de inmersión de las papayas en la solución de azúcar es determinante para la calidad del producto final, por lo que se recomienda no variarlo bajo ninguna circunstancia.*
- *Tiempo recomendado para el manejo de la solución de azúcar: una jornada de trabajo. No usar soluciones de azúcar preparadas el día anterior, ya que existe un deterioro en calidad microbiológica.*
- *El consumo de la solución de azúcar, varía de acuerdo al tipo de picado y corte que se realice, por lo que se recomienda que cada vez que exista una disminución de volumen de la solución de azúcar, aumentar con una nueva solución de tal manera que las frutas siempre se encuentren cubiertas con la solución.*



### F. Secado

Las lonjas de papaya deberán ser retiradas de una en una, directamente de los recipientes de la solución de inmersión y colocadas sobre las bandejas del secador. Este paso evita un maltrato de las lonjas, que no pueden ser manipuladas adecuadamente cuando no se encuentran sumergidas en la solución.

Para proceder con el deshidratado de las papayas, las lonjas deben ser colocadas en las bandejas siguiendo un ordenamiento simétrico, con un espacio aproximado entre ellos de 0.5 centímetros.

Esta forma de colocarlos, permite un recojo más rápido y ordenado, así como también un aumento en la densidad de carga que aproximadamente es igual a 4 kilogramos por metro cuadrado.

Durante el secado no es necesario remover las papayas. Si se quiere facilitar la operación de recojo, las lonjas se pueden volcar un día antes al recojo, con ayuda de la punta de un cuchillo de acero inoxidable.



La operación de recojo de preferencia debe realizarse alrededor de las 18.00 p.m. a 20.00 p.m. para evitar problemas de condensación.

El producto final seco no se pega a los dedos, ni se rompen las papayas cuando son retiradas de las mallas. Su forma puede ser alterada, pero su consistencia es menos plástica que la del banano seco.

El tiempo promedio de secado es de 2 a 3 días sin lluvia, y cuando la temperatura media ambiente es aproximadamente igual a 18°C.

El producto final tiene un índice de reducción de 6 - 7. Por cada 6 - 7 kilos de papaya fresca, que entra al secador, se obtiene 1 kilogramo de papaya seca, con una humedad de 12 a 14% y una actividad de agua de 0.55 a 0.65.



### G. Empacado

El empacado se debe realizar tomando las precauciones contra vectores referidos en el punto 9.

En el caso de utilizar bolsas plásticas o de celofán para el empacado, las papayas secas cortadas en forma de lonjas, se deben introducir con cuidado y en forma ordenada dentro las bolsas, para no manchar el interior de las bolsas, cuyo efecto resultante no es atractivo para la vista.

Cuando se utilicen cajas de cartón, las lonjas secas de papaya se deben colocar de manera ordenada, una encima de la otra, para proteger su forma y ganar espacio.

Esta forma ordenada de colocar, posteriormente facilita retirar las lonjas de papaya de las cajas.



### 11.3 Producción de piña deshidratada

Las etapas que se siguen para la obtención de la piña (Ananas comosus, v. cayena lisa o pucallpa) deshidratada, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Separación de corona
- c) Lavado
- d) Pelado y trozado
- e) Pre-tratamiento
- f) Secado
- g) Empacado



#### A. Selección de la Materia Prima

La materia prima está constituida por piña madura, sin lesiones por magulladuras o microorganismos, cuyo color de cáscara sea preponderantemente morado y con fragancia fuerte y acentuada a piña.

#### RECOMENDACIONES:

- *Es importante que toda la materia prima que se utilice tenga el mismo nivel de madurez indicado.*
- *En el manejo de las piñas se debe evitar causarles golpes y magulladuras.*



## B. Separación de la Corona

La corona de la piña se separa del fruto en forma manual, con el auxilio de un cuchillo de acero inoxidable. Las piñas sin corona, deben tratarse con cuidado procurando no arrojarlas.

### RECOMENDACIONES

- *Solamente se deben usar cuchillos de acero inoxidable.*



## C. Lavado

Se debe realizar en dos etapas (Vea bananos 11.1 - c):

1. La primera etapa consiste en el lavado, y se realiza con abundante agua potable.
2. La siguiente etapa consiste en desinfectar la fruta (piñas). Esta desinfección se realiza con agua clorada con una concentración entre 15 a 30 ppm de cloro activo.

Mientras se va efectuando el desinfectado de las piñas, la concentración del cloro deberá controlarse cada 100 piñas desinfectadas o cada media hora.

El tiempo de inmersión en el lavado y en el desinfectado, no debe exceder los 15 minutos

### RECOMENDACIONES

*\* Para facilitar el lavado y/o desinfectado, se pueden usar canastas o bolsas tipo malla. Primero se introduce la fruta en la canasta o bolsa tipo malla, luego se introduce en la tina que contiene el agua de lavado o agua de desinfección, donde se remueve, agita con cuidado y posteriormente se retira.*

*\* Durante esta parte del proceso se debe evitar la excesiva manipulación de las piñas y una inmersión muy prolongada, de modo de no causar daños físicos a las piñas.*



#### D. Pelado y Trozado

El pelado se puede realizar utilizando cuchillos de acero inoxidable. El grosor de la cáscara debe permitir sacar todas las trazas verdes, de tal manera que la pulpa tenga un color claro y homogéneo.

Después de terminar este proceso y si aún quedan ojos, deben quitárselos con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.

La piña pelada se corta de tal manera de lograr una forma más o menos homogénea. Por ejemplo se puede cortar primero en rodajas de aproximadamente 1 a 2 centímetros de espesor, luego se dividen éstas en 8 trozos más o menos iguales, los cuales se reúne en recipientes (ejm. baldes). La desventaja de esta forma es que de la piña picada resultante no se ha quitado la parte del corazón.

Otra forma de cortar las piñas, consiste en cortar la piña entera en 4 partes longitudinalmente, y luego de cada una de estas partes se quita el corazón con un corte vertical, para posteriormente continuar con el trozado y picado.

#### RECOMENDACIONES

- *Si el pelado y/o troceado de la piña es manual, es imprescindible la utilización de guantes de goma en todo el proceso, para evitar daños característicos de la acción de esta fruta sobre la piel de las manos del operario.*
- *Dependiendo de la cantidad, el pelado de las piñas se puede realizar con una peladora especial, que en algunos casos saca también el corazón, cuidando que el material de la misma sea inoxidable.*



#### E. Pre-Tratamiento

El pre-tratamiento consiste en la inmersión de los trozos de piña en una solución de azúcar. Para preparar la solución, se disuelven 3 kilogramos de azúcar en 10 litros de agua potable. La solución a utilizarse deberá estar a temperatura ambiente.



El proceso de inmersión, se lleva a cabo en los recipientes que contienen la piña picada, sobre la cual se vierte la solución de azúcar hasta cubrir las totalmente.

El tiempo de inmersión de la piña debe ser de 10 minutos, no menos.

Durante la inmersión, la piña debe ser revuelta varias veces muy suavemente y no se debe escurrir una vez que finalice el tiempo de inmersión. Las piñas deben trasladarse al secador en los recipientes que la contienen inmersas en la solución de azúcar.

#### **RECOMENDACIONES** (Vea papayas 11.2 - e)

- *El tiempo de inmersión es determinante para la calidad del producto final, por lo que se recomienda no variarlo.*
- *Tiempo recomendado para el manejo de la solución de azúcar es de una jornada de trabajo. Por tanto se recomienda no usar una solución que ha sido preparada la jornada anterior.*



#### **F. Secado**

Para proceder con el secado, los trozos de piña deben ser sacados poco a poco de los recipientes con solución de inmersión y colocados directamente sobre las bandejas.

Este paso evita el acaramelado de las bandejas del secador, lo cual ocurre cuando todas las piñas del recipiente, son vaciadas sobre la bandeja al mismo tiempo.

Continuando con el procedimiento, se debe procurar que los trozos de piña colocados en las bandejas, no queden en doble capa y en lo posible con pequeños espacios entre los trozos. Esta forma de colocado permite un secado más homogéneo y un recojo más rápido.

Con una densidad de carga de aproximadamente 5 kilogramos por metro cuadrado, el tiempo de secado oscila entre 3 y 4 días.



Se puede determinar que el producto está apto para el recojo cuando, al presionarlo entre los dedos no escurre humedad ni se pega a los dedos.

Durante el secado no es necesario remover los trozos de piña. Para facilitar la operación de recojo, los trozos de piña se pueden volcar un día antes al recojo.

La operación de recojo de preferencia debe realizarse alrededor de las 18.00 p.m. a 20.00 p.m. para evitar problemas de condensación.

En promedio, por cada 4 a 5 kilos de fruta fresca que se lleva al secador, se obtiene 1 kilogramo de piña seca, con una humedad final de 15 a 18% y una actividad de agua de 0.5 a 0.65.



### G. Empacado

El empacado se debe realizar tomando las precauciones contra vectores referidos en el punto 8.

En el caso de utilizar bolsas de celofán o plásticas, envasar con cuidado para no manchar el interior de las bolsas, cuyo efecto resultante no es atractivo para la vista.

Una vez envasadas y selladas, la manipulación de éstas debe ser con cuidado para evitar que se raspen y agujereen las bolsas; pues la piña seca, presenta en su superficie partes ásperas y puntiagudas que pueden dañar su envase.

Cuando se utilicen cajas de cartón, se debe cuidar de colocar ordenadamente los trozos de piña uno encima del otro, para cuidar su forma y ganar espacio. Este colocado ordenado, facilita posteriormente, retirar los trozos de las cajas.



#### 11.4 Producción de cebolla deshidratada

Las etapas que deben seguir para la obtención de cebolla (Allium cepa) deshidratada, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Lavado
- c) Pelado
- d) Lavado
- e) Cortado
- f) Inmersión en Cloruro de Sodio
- g) Secado Solar
- h) Envasado



##### A. Selección de la Materia Prima

Seleccionar las cebollas que se encuentren bien maduras y sanas (no importa el tamaño).

##### B. Lavado

Lavar con bastante agua potable para eliminar cualquier contaminación introducida por la tierra pegada a las cáscaras y para librar a las cebollas de cualquier materia extraña que pudiera existir.



### C. Pelado

De la cabeza de las cebollas se quitan las raíces y las cáscaras manualmente con ayuda de cuchillos de acero inoxidable. Al mismo tiempo, se cortan las hojas de la cebolla (parte verde) y pueden ser aprovechadas para secarlas también, pero por separado.

### D. Desinfectado

Se recomienda desinfectar las cebollas después del pelado, con agua clorada con una concentración de 15 a 30 ppm de cloro activo (Vea 6.3), para eliminar contaminaciones que pueden ser introducidas durante el proceso del pelado manual.

El tiempo de inmersión del producto en el agua de cloro, debe ser de 5 a 10 minutos.

### E. Cortado

Las cabezas de la cebolla son cortadas con cuchillos de acero inoxidable, en forma de rodajas o picados con un espesor de 0.25 a 0.50 centímetros.

Las hojas (parte verde de la cebolla) también se pueden secar, después de cortar en pedazos de aproximadamente 0.5 a 1 centímetros de longitud.

## RECOMENDACIONES

- Existen varias maneras para evitar la irritación de los ojos y llorar en el proceso de pelado y cortado de las cebollas.
- Una de las más efectivas, consiste en colocar las cebollas lavadas en agua helada durante 10 minutos aproximadamente, antes de proceder con el pelado y mantener siempre las cebollas peladas y picadas en recipientes con agua fría.
- Para la producción de cebollas secas, este procedimiento podría no ser apropiado porque incrementa el contenido de agua del producto a secar. Por consiguiente, sería interesante investigar la posibilidad de combinarlo con la inmersión en cloruro de sodio.



## F. Inmersión en Cloruro de Sodio

Para evitar el pardeamiento no enzimático durante el secado y reducir las pérdidas de vitamina C (ácido ascórbico), en un recipiente de plástico o hierro enlozado, las cebollas se someten a la acción de una solución de cloruro de sodio al 2% (pesar 20 gramos de sal y disolver en 1 litro de agua potable) durante 5 minutos a temperatura ambiente. Esta solución debe cubrir toda la cebolla.

Proceder en forma separada primero con la cabeza y luego con las hojas. Posteriormente, se debe escurrir totalmente antes de llevar a los secadores.



## G. Secado

El secador a utilizar puede ser tipo invernadero, sin necesidad de flujo de aire forzado. La temperatura máxima no debe pasar los 50°C.

Extender en forma separada, la cabeza y las hojas picadas de las cebollas sobre las bandejas del secador solar, con una densidad de carga aproximadamente igual a 4 kilogramos por metro cuadrado.

Estas deben ser removidas por lo menos dos veces al día, uno por la mañana y otro por la tarde. Retirar las cebollas (cabeza y hojas en forma separada) del secador, cuando éstas presenten una textura quebradiza, luego se deja enfriar completamente.

La desecación de la cabeza de la cebolla se considera terminada, cuando su concentración e humedad llega al 10%, y en el caso de las hojas la humedad residual debe ser de 9%. La actividad de agua de la cabeza y las hojas debe estar entre 0.4 y 0.45.

El tiempo de secado para las cabezas es aproximadamente de dos a tres días y para las hojas de dos días. Por cada 8 - 9 kilogramos de materia húmeda que se introduce al secador, se obtiene 1 kilogramo de materia seca.

Para optimizar el tiempo de secado, se recomienda iniciarlo al atardecer, de esta manera se puede aprovechar la noche, donde la humedad del aire es alta, pero todavía sirve para secar el producto fresco con alto contenido inicial de agua.



### RECOMENDACIONES

- *Se debe cuidar que las temperaturas de secado no sobrepasen los 50°C para evitar problemas de oscurecimiento y alteraciones en su sabor.*
- *Cuando el producto está parcialmente seco, se recomienda retirar del secador por la noche, guardar en bolsas bien cerradas y volver a colocar por la mañana del día siguiente hasta que seque completamente. Esto es necesario debido al hecho de que las cebollas son muy susceptibles a la rehidratación.*

### H. Envasado

El empaquetado se debe realizar tomando las precauciones contra vectores referidos en el punto 9.

Las cebollas que son muy susceptibles a la rehidratación, para protegerlas principalmente de la humedad ambiental y evitar cualquier riesgo de rehidratación como también ataque de insectos u otros, se los empaca en materiales con poca permeabilidad para el vapor de agua, como el celofán y el polietileno.

El almacenamiento del producto envasado, debe realizarse en locales frescos, secos y en lo posible oscuros para mantener mejor su color claro (en el caso de las cabezas), hasta su envío al consumidor.

### RECOMENDACIONES FINALES

- *Se recomienda siempre, utilizar en todo el proceso guantes industriales para evitar cortaduras y el mal olor que deja en las manos.*
- *Los cuchillos, guantes y recipientes (principalmente de plástico) que se utilicen durante todo el proceso, en lo posible no deben usarse para procesar otros productos que no sean cebolla o afines, ya que inclusive después de lavarlos con detergente, no se pierde fácilmente ese olor característico de la cebolla y se corre el riesgo de trasminar a otros productos.*



### 11.5 Producción de zanahoria deshidratada

Las etapas que deben seguir para la obtención de zanahoria (Daucus carota) deshidratada, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Lavado
- c) Pelado
- d) Cortado
- e) Pre-cocido
- f) Secado Solar
- g) Envasado



#### A. Selección de la Materia Prima

Las zanahorias no deben tener raíces. Es preferible que sean de tamaño mediano y de corazón rojo, sin componentes leñosos.

#### B. Lavado y Desinfectado

Lavar con bastante agua potable y posteriormente proceder a un desinfectado con agua de cloro de 15 a 30 ppm de cloro activo (Vea bananos 11.1 - c).



### C. Pelado

El pelado se puede realizar manualmente con ayuda de cuchillos de acero inoxidable, ó también, dependiendo de la producción se puede utilizar máquinas peladoras semiindustriales por fricción. Estas máquinas son similares a las peladoras de papa.

### D. Cortado

Las zanahorias peladas se cortan en rodajas de aproximadamente 4 a 6 milímetros de espesor, ó en forma de cubitos de más o menos 1.5 centímetros cúbicos. Así como también, pueden ser ralladas en diferentes formas y espesores.

#### RECOMENDACIONES

- *Si se pretende rallar la zanahoria, no es necesario pelar, pues entre el producto final de la zanahoria rallada pelada y sin pelar no existe mucha diferencia.*



### E. Pre-Cocido

El pre-cocido consiste en echar las zanahorias a una olla hirviendo que contiene una solución de sal al 0.25 % (pesar 2.5 gramos de sal y disolver en 1 litro de agua potable). Las zanahorias deben estar inmersas en la solución hirviendo durante 10 a 13 minutos.

Este tratamiento es especialmente interesante cuando se trata de la utilización de las zanahorias como componente de la formulación de sopas deshidratadas, pues asegura un nivel apropiado de cocción, sin embargo, para otro tipo de usos puede utilizarse solamente la técnica del escaldado.

Esta técnica implica la misma concentración de sal, variando solamente el tiempo de inmersión, es decir de 3 a 5 minutos.

Posteriormente las zanahorias deben ser escurridas y es importante esperar que enfrien antes de llevar al secador.



## F. Secado

El deshidratado se puede realizar en un secador solar tipo invernadero con flujo de aire natural. La temperatura máxima no debe sobrepasar los 50°C.

Las zanahorias cortadas o ralladas, se extienden sobre las bandejas con una densidad de carga aproximadamente de 3 kilogramos por metro cuadrado.

Se debe remover éstas, por lo menos dos veces al día (por la mañana y por la tarde) hasta que tomen una textura quebradiza que es cuando se encuentran secas. El tiempo de secado aproximado de las zanahorias es de 4 a 5 días, las raspadas secan en 3 días.

Luego, se saca el producto del secador y se deja que enfríe completamente.

El producto final tiene un índice de reducción igual a 5. Por cada 5 kilogramos de zanahoria húmeda que ingresa al secador, se obtiene 1 kilogramo de zanahoria seca.

La humedad residual puede bajar hasta 8% y la actividad de agua hasta 0.4, esto se comprueba cuando al doblar un trozo de zanahoria, se quiebra con facilidad.

## G. Envasado

El empaclado se debe realizar tomando las precauciones contra vectores referidos en el punto 9.

El almacenamiento del producto envasado, debe realizarse en locales frescos, secos, de preferencia oscuros hasta su envío al consumidor, para conservar la intensidad de su color anaranjado por más tiempo.

### RECOMENDACIONES FINALES

\* *En el caso de que el producto final sea el té de zanahoria, no es necesario realizar el pelado y todo el procesamiento posterior es igual.*

- *Después de secada, la zanahoria se debe tostar hasta color café (marrón). Esto se puede saborizar con canela, y/o clavo de olor y/o cáscara de naranja.*



## 11.6 Producción de yuca deshidratada (harina de yuca)

Las etapas que deben seguir para la obtención de yuca (*Manihot esculenta*) deshidratada, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Lavado
- c) Pelado
- d) Cortado
- e) Secado
- f) Molido
- g) Envasado



### A. Selección de la Materia Prima

El punto más importante en la selección de la yuca, es escoger la variedad que contenga la menor cantidad posible de linamarina (glucósido cianogénico, que libera ácido cianhídrico) y que normalmente es usada en las casas para consumo diario sin previo tratamiento de desintoxicación.

#### RECOMENDACIONES

- *La yuca una vez cosechada es muy sensible a los procesos de fermentación, por lo que es conveniente procesarla lo más rápido posible.*



## B. Lavado

Consiste en sumergir la yuca en pequeñas piscinas o recipientes grandes con abundante agua potable, de manera que permita desalojar las impurezas que lleva pegada en la cáscara.

## C. Pelado

Se debe quitar la cáscara de las yucas utilizando cuchillos de acero inoxidable. La yuca pelada debe quedar completamente blanca.

### RECOMENDACIONES

- *Si producciones a gran escala son contempladas, el pelado se puede llevar acabo utilizando máquinas peladoras*
- *Después del pelado, es conveniente lavar las yucas para eliminar cualquier resto de tierra que pueda haberse introducido durante el pelado.*
- *Si el producto final es usado para alimento forrajero, no es necesario pelar.*

## D. Cortado

Usando siempre cuchillos de acero inoxidable, cortar en rodajas de aproximadamente 6 milímetros de espesor, o rasparlas usando ralladores manuales o semi-industriales.

### RECOMENDACIONES

- *Si la cantidad de producción es a gran escala, se aconseja recurrir a máquinas para realizar el rodajado o rallado.*
- *En caso del raspado, se recomienda exprimir la yuca para eliminar el exceso de liquido que desprende y facilitar el proceso de secado.*
- *El agua que sale de este proceso se puede utilizar en la alimentación de animales. Sin embargo, por su contenido de ácido cianhídrico y para una mejor digestión del almidón, se recomienda hervir estos residuos antes de ser ingeridos por los animales.*



### E. Secado

El secador solar directo tipo invernadero con flujo de aire natural, se ajusta muy bien a los requerimientos del secado de la yuca.

Las rodajas o el raspado de yuca, se extienden sobre las bandejas de los secadores con una densidad de carga aproximadamente igual a 3 kilogramos por metro cuadrado.

La yuca debe removerse por lo menos dos veces al día hasta que sequen completamente. El tiempo aproximado de secado de la yuca es de 2 a 3 días.

Retirar el producto de los secadores y dejar que enfríe completamente.

Por cada 9-10 kilogramos de yuca húmeda que se introduce al secador solar, se obtiene 1 kilogramo de yuca seca, con una humedad final de 11 a 12 % y una actividad de agua de 0.4.

#### RECOMENDACIONES

- *Con una capa delgada en las bandejas del secador, se puede secar el producto en un día en una región tropical si hay buena radiación solar.*
- *Las condiciones de temperatura del secado solar favorece la disminución del ácido cianhídrico de la yuca. Sin embargo, para fines semi-industriales es recomendable controlar el contenido de ácido cianhídrico en el producto seco.*

### F. Molido

Para el molido, se puede usar un molino a martillo o de piedra, en caso de querer una granulometría más fina, usar un molino de bolas.

#### RECOMENDACIONES

- \* *Es muy importante que la yuca una vez recogida del secador, se proceda con el molido para evitar cualquier riesgo de rehidratación.*



### G. Envasado

La yuca debe ser envasada y sellada inmediatamente después del molido para evitar rehidratación y ataque de insectos, con envases recomendados y precauciones citadas anteriormente en el punto 9.

#### RECOMENDACIONES FINALES

*\* Es sumamente importante el uso de variedades de yuca no tóxicas para evitar envenenamientos.*



### 11.7 Producción de frutas abrillantadas (deshidratación osmótica de cítricos combinada con secado solar técnico)

Las etapas que se deben seguir para la obtención de las frutas abrillantadas, son las siguientes:

- a) Selección de la Materia Prima
- b) Lavado
- c) Pelado
- d) Cortado y Descarozado
- e) Escaldado
- f) Secado osmótico (inmersión en jarabe)
- g) Secado Solar
- h) Envasado



#### A. Selección de la Materia Prima

La materia prima está constituida por cítricos como la Naranja (*Citrus sinensis*), Mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus limón*) y otros. Las frutas deben encontrarse sanas y maduras.



### RECOMENDACIONES

- *La variedad de cítricos más apropiada para obtener frutas brillantadas son aquellos que tienen cáscara gruesa y sin pepa.*
- *Es importante utilizar frutos con un nivel de madurez adecuado, desechando los muy blandos porque corren el riesgo de despedazarse y también aquellos que no hayan llegado a su completa maduración, porque no absorben fácilmente el jarabe.*
- *De preferencia, no usar frutas fumigadas ó frutas que sufrieron tratamiento superficial con aditivos para inhibir el crecimiento de microbios.*

### B. Lavado

El lavado de la materia prima, tiene por objeto librar a los cítricos del polvo y toda materia extraña presente en la superficie de la cáscara, que puede contener microorganismos contaminantes y patógenos. Este lavado se debe realizar con abundante agua potable.

### C. Pelado

El pelado consiste en separar la cáscara de la pulpa de tal manera que la pulpa quede con el mayor porcentaje de la parte blanca que tiene la cáscara. Es decir debe realizarse un pelado bastante delgado. El pelado debe realizarse solamente con cuchillos de acero inoxidable.

### D. Cortado y Descarozado

Se debe realizar también utilizando cuchillos de acero inoxidable, cortando en forma de cubitos o segmentos de aproximadamente 3 a 4 centímetros cúbicos y la cáscara en trozos de aproximadamente 2 centímetros de tamaño.

De la pulpa se quitan las pepas con la punta del cuchillo, teniendo cuidado de no maltratar ni deformar los cubitos de la pulpa.

De los trozos de la cáscara se debe eliminar el sabor amargo antes de seguir con el proceso de confitado.



Para desamargar la cáscara, se deja reposar durante 1 hora en agua con bicarbonato de sodio al 1%. (Pesar 10 gramos de bicarbonato de sodio y disolver en 1 litro de agua potable). Esta solución debe cubrir toda la cáscara.

Luego se hace hervir por 10 minutos, posteriormente se cambia de agua y se lava varias veces aprensando con las manos la cáscara después de cada lavado. Es conveniente probar para verificar si se ha eliminado gran parte de la acidez de la cáscara por éste proceso.

### E. Escaldado (baño de vapor)

Los trozos de la pulpa se someten a un baño de vapor de agua durante unos 25 a 30 minutos, para conseguir un ablandamiento en sus tejidos, favoreciendo de esta manera la penetración del azúcar.

#### RECOMENDACIONES

- *El tiempo del baño de vapor, varía de acuerdo a la variedad de la fruta y al estado de madurez. Cuando la fruta es menos madura, requiere más tiempo del baño de vapor.*
- *También es importante utilizar guantes industriales para evitar quemaduras en las manos.*

### F. Inmersión en Jarabe (secado osmótico)

Tanto la pulpa como la cáscara en forma separada, se someten a un proceso de secado osmótico que tiene una duración de 10 días.

El material que se debe usar para este proceso es el siguiente:

- **Ollas de aluminio**
- **Paletas de madera (para agitadores)**
- **Escurreidores (coladores) de aluminio, fierro enlozado o plástico**
- **Guantes industriales**
- **Balanza que pueda pesarse gramos**



El procedimiento a seguir sirve tanto para la pulpa como para la cáscara.

El jarabe se debe preparar en forma separada para la pulpa y para la cáscara, y ambos productos se deben procesar en ollas separadas para obtener un producto final de mejor calidad.

### **1er día**

- Pesar la fruta ya cortada (la pulpa y/o la cáscara en forma separada) y colocar en ollas de aluminio.
- En otra olla, se prepara un jarabe con azúcar blanca refinada de la siguiente manera: por cada kilogramo de fruta pesar 360 gramos de azúcar y disolver en medio litro (500 mililitros) de agua potable.
- Calentar éste jarabe lentamente, removiendo con la paleta de madera hasta llegar al punto de ebullición.
- Luego, inmediatamente vaciar éste jarabe caliente a la olla que contiene la fruta (toda la fruta debe estar sumergida en el jarabe). Esta mezcla de la fruta con el jarabe, se deja hervir a fuego muy lento cerca de una hora.
- Posteriormente se retira del fuego y se deja reposar 24 horas.

### **2do día**

- Separar el jarabe de la pulpa en otra olla con la ayuda del escurridor (colador), y añadir al jarabe 120 gramos de azúcar por cada medio litro (500 mililitros) de agua que se utilizó en la preparación del jarabe el primer día, elevando de ésta manera su concentración.
- Posteriormente calentar y remover lentamente el jarabe hasta el punto de ebullición. Echar en este punto, el jarabe a la olla que contiene la pulpa.
- La mezcla de la fruta con el jarabe, se hace hervir durante 45 minutos removiendo de tal manera de cuidar que no llegue a despedazarse la fruta. Retirar del fuego y dejar reposar 24 horas.
- Este mismo proceso se repetirá cada día aumentando la concentración del azúcar en el jarabe de la siguiente manera como se describe a continuación.



### 3er día y 4to día

- Aumentar al jarabe ya colado 120 gramos de azúcar por cada 500 mililitros de agua utilizada en la preparación del jarabe del primer día.

### 5to día al 10mo día

- Aumentar al jarabe colado 180 gramos de azúcar por cada 500 mililitros de agua utilizada en el jarabe del primer día.
- El jarabe final debe resultar con una consistencia de miel espesa en frío. Se calienta la mezcla y se separa el jarabe de la fruta con ayuda del colador en caliente.
- Para eliminar el exceso de azúcar en la superficie de la fruta, realizar un lavado de las frutas mediante inmersión en agua hirviendo durante 15 a 20 segundos, inmediatamente escurrirlas, y luego de que éstas se encuentren a la temperatura del medio ambiente, proceder con el secado.

## G. Secado

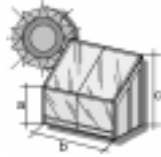
Para el secado, se puede utilizar un Secador Solar Directo tipo invernadero con flujo de aire natural, cuya temperatura máxima del secador no debe sobrepasar los 50°C. Este rango de temperatura de trabajo favorece la calidad del producto.

Las temperaturas elevadas si bien reducen el tiempo de secado, pueden acelerar los procesos de pardeamiento, pérdidas de vitamina C y además producen deformaciones pronunciadas en los trozos de la fruta.

Antes de introducir las frutas en el secador, se debe tener cuidado de que el secador se encuentre en las mejores condiciones de higiene y además, toda la superficie de las bandejas deben ser desinfectadas con agua de cloro de aproximadamente 45 ppm. de cloro activo.

Los trozos de la fruta se extienden sobre las bandejas en una sola capa. Posteriormente se voltean éstas cada día hasta que sequen, es decir hasta que ya no estén pegajosas al tacto.

Las frutas se deben volcar, sólo cuando se desprenden fácilmente de las bandejas. Este proceso dura de 4 a 5 días.



Consideraciones sobre la inclinación de la parte superior del secador

Se debe evitar la presencia de insectos y roedores

Sin embargo, las bandejas móviles son muy versátiles respecto a su uso, ya que permiten un cambio de posición, control zonificado del secado y finalmente facilitan las operaciones de limpieza de productos azucarados o similares.

## Flujo de Aire

El sistema de circulación de aire, en el caso de los secadores tipo invernadero utiliza un sistema de convección natural que permite el ingreso del aire por la parte inferior del secador y la salida por la parte más elevada del secador (opuesta a la entrada).

El sistema de circulación debe permitir el flujo de aire pero no la entrada de insectos y otros.

### 12.3 Instalación de los secadores

Para tener un aprovechamiento adecuado de la energía solar, el diseño de los secadores incluye una inclinación de la parte superior del secador.

Esto debe ser tomado en cuenta cuando el secador está siendo instalado.

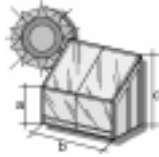
Así, en el hemisferio norte, la inclinación debe estar dirigida al sur; mientras que en el hemisferio sud, la inclinación debe estar dirigida al norte.

En el lugar de instalación, se debe prever que no hayan sombras por árboles o por edificaciones cercanas a cualquier hora del día y en cualquier posición del sol.

Otro importante factor que debe tomarse en cuenta cuando se instala un secador, es la necesidad de evitar la acción de insectos y otros vectores. Por este motivo, el secador debe ser instalado en lugares en los que de preferencia no exista polvo y no estén próximos a corrales.

Se recomienda instalar el secador sobre una base (plataforma) de cemento, que tenga una superficie mayor a la del secador, por lo menos 20 centímetros alrededor.

La base deberá tener una inclinación de aproximadamente 5 grados, lo cual permitirá su limpieza.



Materiales de construcción

## 12.2 Características de los secadores solares

### Estructura

Un secador solar directo, está constituido de una estructura metálica (armazón) que sujeta el resto de los componentes.

Tiene una cubierta de plástico transparente (espesor: 250 micrones, estabilizado para tener una mayor resistencia a la luz ultravioleta) .

Posee bandejas cuyas bases son de malla de plástico, sobre la cual se disponen los productos a deshidratar.

En caso de necesitarse una circulación forzada del aire, se debe prever el equipo necesario, tales como sistemas de ventilación y de distribución de aire caliente.

### Bandejas

Cuando consideramos el tipo de secador a ser usado, adicionalmente a la temperatura requerida, algunos factores tienen que ser tomados en cuenta, tales como: el número de niveles de bandejas (verticalmente), ancho de las mismas, si son fijas o móviles.

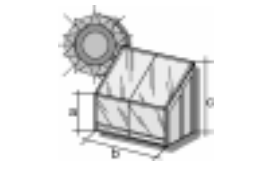
El número de niveles de bandejas recomendado para los secadores solares directos, a los cuales nos referimos, son dos.

Determinación del número de bandejas

Este número permite un flujo de aire apropiado y tampoco impide totalmente la radiación directa sobre la bandeja inferior.

Cuando definimos el ancho de las bandejas fijas, se debe tomar en cuenta que la operabilidad de las mismas se facilita cuando el personal puede alcanzar con la manos todo el ancho de las bandejas (aproximadamente un metro).

Las bandejas fijas son prácticas en la planta de procesamiento cuando el producto tiene un alto contenido de almidón y bajo contenido de azúcar, el tiempo de secado es prolongado y la naturaleza del producto no implica un tiempo demasiado grande en el proceso de lavado y desinfectado.



- Presenta una mayor seguridad contra el ataque de insectos, porque cuenta con una cámara de desalojo para insectos.
- Transitable en el interior del secador, facilitando el revuelto y control del producto.
- Sus bandejas móviles son de fácil montaje y desmontaje, permitiendo el intercambio de posición y de nivel de bandejas con más el producto.
- Además facilita el lavado y desinfectado de las mismas fuera del secador.
- Es versátil en su uso, se puede secar una variedad de productos.
- La plataforma sobre la que se instala el secador, es un piso de cemento liso (enlucido de cemento de 5 a 7 centímetros de altura), el cual está vaciado sobre un piso base de piedra (soladura de piedra, de altura entre 15 a 20 centímetros).
- Para el equipo mencionado se requiere un área de plataforma de 9.20 metros por 25.40 metros (234 metros cuadrados).

Precio y consideraciones económicas

El costo unitario por metro cuadrado, de ésta plataforma en Bolivia, es aproximadamente de \$US 9.00 (Nueve Dólares Americanos).

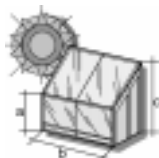
Este monto incluye materiales, mano de obra, depreciación de herramientas, imprevistos y utilidades, por tanto la plataforma para este equipo cuesta \$US 2.103.12 (Dos mil ciento tres Dólares Americanos con doce centavos).

Para bajar costos de la plataforma, se puede construir un piso de ladrillo emboquillado sobre suelo apisonado. El costo de éste piso reduce en un 50% al costo del piso de cemento. La única desventaja de éste piso de ladrillo es que la limpieza no es muy efectiva.

Otra alternativa para bajar costos, es construir la plataforma de la siguiente manera:

Un piso de cemento vaciado con acabado liso para el pasillo y para la cámara de desalojo de insectos; un piso de piedras con relleno de cemento para la zona de bandejas. El costo del piso es 40 % menor.

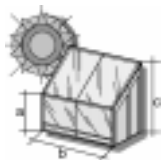
El costo aproximado de éste Secador Solar Semi Industrial en Bolivia es de \$US.4 620.00 (Cuarto mil seiscientos veinte Dólares Americanos), éste precio incluye la instalación del mismo.



## 12.5 Planos de secadores

### B. Secador Solar Semi Industrial

Descripción	<p>Este secador presenta las siguientes características:</p> <p>Es un secador Solar Directo, tipo Invernadero de 11 módulos, con flujo de aire natural y la temperatura máxima alcanzada en el interior del secador es de 40 - 50°C.</p>
Dimensiones	<p>Sus dimensiones en Planta son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de 7.20 metros de ancho</li> <li>- 23.40 metros de largo</li> </ul>
Características básicas	<p>Las dimensiones en Elevación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de 1.50 metros de altura en la parte lateral del secador; en la parte central existen dos alturas,</li> <li>- la primera de 2.10 metros sobre el piso y</li> <li>- la segunda de 2.30 metros sobre el piso (ésta diferencia se da por el área de ventilación)</li> </ul> <p>El secador posee dos niveles de 44 bandejas móviles en cada nivel. La altura de las bandejas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- del primer nivel es de 0.60 metros sobre el piso</li> <li>- las del segundo nivel de 1.10 metros sobre el piso</li> </ul> <p>Cada bandeja tiene una superficie de 2.34 metros cuadrados.</p>
Capacidad de área y carga	<p>Tiene una capacidad de 103 metros cuadrados de área de secado en cada nivel de bandejas y un total de todo el secador de 206 metros cuadrados de área de secado.</p> <p>Con un peso de carga de 8 kilogramos por metro cuadrado, su capacidad es de 824 kilogramos en cada nivel de bandeja, dando un total de 1 648 kilogramos en todo el secador.</p>
Ventajas importantes	<p>Es versátil en su uso, se puede secar una variedad de productos.</p> <p>Las ventajas que podemos mencionar de éste secador son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es de construcción fácil con tecnología apropiada y reproducible, así como de fácil montaje del secador en su conjunto.</li> </ul>



Precios y consideraciones económicas

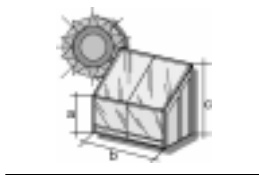
Para el equipo mencionado se requiere un área de plataforma de 4.40 metros por 6.90 metros (30 metros cuadrados).

El costo unitario por metro cuadrado de ésta plataforma en Bolivia, es aproximadamente de \$US 9.00 (Nueve Dólares Americanos).

Este monto incluye materiales, mano de obra, depreciación de herramientas, imprevistos y utilidades; por tanto la plataforma para este equipo cuesta \$US 270.00 (Doscientos setenta Dólares Americanos).

Para bajar costos de la plataforma, se puede construir un piso de ladrillo emboquillado sobre suelo apisonado. El costo de éste piso reduce en un 50% al costo del piso de cemento. La única desventaja de éste piso de ladrillo es que la limpieza no es muy efectiva.

El costo aproximado de éste Secador Solar Familiar en Bolivia es de \$US.450.00 (Cuatrocientos cincuenta Dólares Americanos), éste precio incluye la instalación del mismo.



Desventajas a considerar

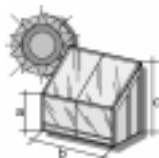
- El lavado y desinfectado puede también ser efectuado fuera del secador, facilitando de ésta manera el proceso de lavado.
- Presenta 4 puertas laterales, facilitando el manejo e intercambio de posición y de nivel de las bandejas, lo cual es necesario para el revuelto y control del producto.
- No tiene pasillo, ganando toda la superficie interior del secador como área de secado.
- Es versátil en su uso, se puede secar una variedad de productos.

Algunas desventajas de éste secador que podemos indicar son:

- Solo es funcional como secador familiar.
- Este modelo no puede tener mas módulos, porque el manipuleo de las bandejas ya no seria tan sencillo.
- Si se quiere emplear en escala semi-industrial, debe preverse espacios suficientes entre secador y secador que permita operarlo convenientemente (el espacio entre un secador a otro, debe ser igual al largo de la bandeja más un 20%).
- Lo que se gana en espacio dentro del secador como área de secado, se pierde fuera del secador con el espacio que ocupan las 4 puertas laterales cuando éstas se abren.
- No se puede controlar efectivamente el ingreso de insectos (moscas, mosquitos, polillas, etc.) al secador, cuando se carga las bandejas con productos. Antes de cerrar el secador se debe tratar de desalojarlos en su totalidad, para esto el operador, provocará corrientes de aire en el interior del secador haciendo girar un paño. Paralelamente a esta acción se deben abrir las puertas del lado opuesto para que sea ésta la vía de salida de los insectos.

La plataforma sobre la que se instala el secador, es un piso de cemento liso (enlucido de cemento de 5 a 7 centímetros de altura), el cual está vaciado sobre un piso base de piedra (soladura de piedra, de altura entre 15 a 20 centímetros).

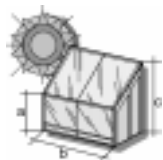
Para el equipo mencionado se requiere un área de plataforma de 4.40 metros por 6.90 metros (30 metros cuadrados).



## 12.5 Planos de secadores

### A. Secador Solar Familiar

Descripción	<p>Este secador presenta las siguientes características:</p> <p>Es un secador Solar Directo, tipo Invernadero, con flujo de aire natural y la temperatura máxima alcanzada en el interior del secador es de 40°C - 50°C.</p>
Dimensiones	<p>Sus dimensiones en Planta son de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.40 metros de ancho en el sector de la puerta (cada puerta tiene 1.20 metros de ancho)</li> <li>- 3.90 metros de largo</li> </ul> <p>Las dimensiones en Elevación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.80 metros de altura en la parte más baja del techo</li> <li>- 2.50 metros de altura en la parte más alta</li> </ul>
Características básicas	<p>El secador posee dos niveles de cuatro bandejas móviles en cada nivel. La altura de las bandejas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- del primer nivel es de 0.70 metros sobre el piso</li> <li>- del segundo nivel de 1.20 metros sobre el piso</li> </ul> <p>Cada bandeja tiene una superficie de 2.34 metros cuadrados.</p>
Capacidad de área y carga	<p>Tiene una capacidad de 9.4 metros cuadrados de área de secado en cada nivel de bandejas y un total de todo el secador de 19 metros cuadrados de área de secado.</p> <p>Con un peso de carga de 8 kilogramos por metro cuadrado, su capacidad es de 75 kilogramos por cada nivel de bandejas, dando un peso total de 152 kilogramos en todo el secador.</p> <p>Las ventajas que podemos mencionar de éste secador son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es de construcción fácil con tecnología apropiada y reproducible</li> <li>- La instalación del secador y sus elementos es fácil</li> <li>- Sus 8 bandejas móviles son de fácil montaje y desmontaje</li> <li>- Permite realizar la carga sobre las bandejas y descarga del producto fuera del secador</li> </ul>



Se debe considerar la cantidad de horas/sol de cada zona

El comportamiento climático es importante

## 12.4 Condiciones climáticas para el funcionamiento de los secadores solares

Como la fuente energética de los secadores solares es el Sol, debemos asegurar un suministro mínimo y eficiente. Buenos resultados no podrán ser obtenidos en lugares con mucha nubosidad o con una humedad ambiental muy alta.

Un potencial de 4 KWh/m<sup>2</sup> día garantiza buenos resultados en el uso de esta tecnología.

Existen regiones donde el comportamiento climático puede permitir dentro de ciertos rangos la aplicación del Secado Solar Técnico (SST).

Por ejemplo, en regiones **tropicales húmedas** permiten utilizar el Secado Solar Técnico con un mínimo de 22 días sol por mes.

Existen otras regiones **tropicales** donde del SST es factible dependiendo de la pluviosidad que debe ser menor a 1 800 milímetros anuales.

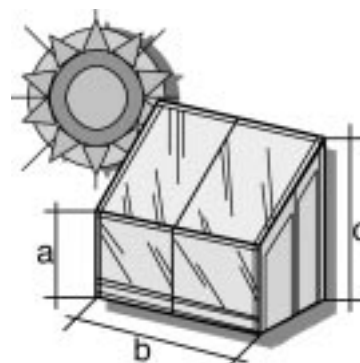
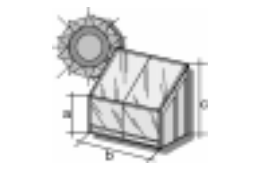
En otras regiones, tales como los **valles**, con una humedad relativa comprendida entre 45% al 60% y una temperatura media de 14°C a 18 °C, la aplicación del SST es factible.

En las **zonas de altura**, la temperatura media es bastante baja, sin embargo el número de horas - sol y la radiación solar es alta incrementándose la radiación infrarroja y disminuyendo la evaporación.

A pesar de esto, éstas zonas presentan déficit de agua, por lo que el SST es factible.

Para aplicaciones a gran escala de SST, es imprescindible realizar un estudio de las condiciones climáticas locales y la factibilidad técnica del secado solar técnico, a través de los datos meteorológicos sobre radiación, temperatura, humedad ambiental.

Esta información deberá ser obtenida de estaciones meteorológicas cercanas.



## Características de los secadores solares

### 12.1 Introducción

Generalidades de los secadores solares

Los secadores solares permiten elevar la temperatura del aire de tal manera que el proceso de secado de los productos es acelerado. En cualquier secador solar, es posible definir la temperatura máxima que puede ser alcanzada. El factor determinante es el diseño del secador. De esta manera, un secador puede ser diseñado para temperaturas máximas de 35°C - 40°C, 40°C - 45°C, 50°C - 55°C o más.

La temperatura máxima para la cual un secador es diseñado depende del tipo de producto a ser deshidratado. Para el deshidratado de productos alimenticios, es recomendable tomar en cuenta la naturaleza de los mismos, respecto a los nutrientes cuyo valor deseamos conservar. Los secadores solares pueden ser clasificados según la forma en la cual captan la radiación solar, en tres tipos básicos:

1. Los **Secadores Solares Directos**, en los cuales los productos a deshidratar absorben directamente la radiación solar y obtienen de esta manera la energía calorífica necesaria para evaporar el agua contenida.
2. **Secadores Solares Indirectos**, en los cuales el aire es calentado en un colector y es conducido a una cámara de secado donde se encuentra el producto.
3. **Secadores Solares Mixtos**, que consisten en una combinación de las dos formas anteriores, utilizando tanto la radiación solar directamente como el aire precalentado en un colector solar.

Para efectos de este manual, solamente detallaremos el diseño, uso y operación de los secadores solares directos.



Se retiran del secador y se deja enfriar antes de proseguir con el envasado.

#### RECOMENDACIONES

- **Acabado de las Frutas Abrillantadas**

*Para que las frutas abrillantadas puedan presentar una apariencia cristalizada o glaseada, después del lavado y antes del secado, se puede dar el siguiente tratamiento:*

**Cristalizado:** Pasar las frutas en una capa fina de azúcar granulada.

**Glaseado:** Introducir las frutas en un jarabe caliente de aproximadamente 75°C por el lapso de 5 minutos y luego escurrir. La concentración del jarabe debe ser de 75°Brix (500 gramos de azúcar por cada 150 mililitros de agua).

#### H. Envasado

Se las empaca y sella de inmediato en materiales con poca permeabilidad para el vapor de agua, como el celofán y el polietileno, tomando muy en cuenta las precauciones citadas anteriormente en el punto 9.

#### RECOMENDACIONES FINALES

- *El jarabe sobrante se puede utilizar para procesar las cáscaras, es decir, primero procesar la pulpa y después en el mismo jarabe las cáscaras, teniendo el cuidado de no mezclar frutas para conservar el sabor original en el producto final.*

- *También puede ser consumido directamente como jalea o miel de fruta, teniendo el cuidado de envasarlo en frascos de plástico o de vidrio bien lavados.*

