Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación

Dr. Antonio De Michelis y Dr. Mario Rajchenberg

Estación Experimental Agropecuaria Bariloche
Agencia de Extensión Rural El Bolsón
Centro Regional Patagonia Norte

Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Hongos comestibles: teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación.
Coordinado por Antonio De Michelis y Mario Rajchenberg.
1a. ed. Bariloche: INTA EEA Bariloche, 2006.

156 p. ; 21x15 cm.

ISBN 1667-4006

1. Recolección 2. Elaboración 3. Conservación
I. De Michelis, Antonio, coor. II. Rajchenberg, Mario, coor.

CDD 634.2

Resumen

La presente publicación de la EEA Bariloche es la primera edición de las recomendaciones técnicas para la recolección y manejo posrecolección de hongos comestibles ya sean de origen silvestre o de cultivo. La información que se brinda ha sido probada en repetidas oportunidades e intenta dar respuesta a la demanda creciente de recolectores, productores y elaboradores de hongos diseminados prácticamente en todo el país. La intención de la publicación es abordar la problemática indicada desde sus aristas más importantes: la conservación de los recursos silvestres y el aprovechamiento integral de la materia prima: hongos frescos, productos elaborados y la utilización gastronómica de los mismos.

Hongos comestibles: Teoría y Práctica para la recolección, elaboración y conservación

El aporte correspondiente al ciclo biológico, su relación con los bosques, las normas generales para la normal preservación del recurso y las recomendaciones más importantes para la recolección de los hongos lo elaboró el *Dr. Mario Rajchenberg del Área de Protección Forestal, Laboratorio de Fitopatología y Micología del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP)*, CC 14, (9200) Esquel, Chubut, Argentina // marior@ciefap.org.ar

Y el atinente a la elaboración y conservación post-recolección de los hongos fue elaborado por el *Dr. Antonio De Michelis de la Corporación de Fomento del Chubut (CORFO - CHUBUT) Delegación Noroeste con convenio con la AER El Bolsón del INTA*, Mármol N° 1950 (8430) El Bolsón, Río Negro - Argentina // inta@patagonsat.com.ar

CIEFAP
Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico

CORFO CHUBUT

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Forestal CIEFAP; a CORFO - CHUBUT y AER El Bolsón del INTA por el apoyo institucional brindado.

Asimismo a las numerosas personas interesadas por el consumo, la recolección y la identidad de los hongos de la región Andino Patagónica y de otros hongos silvestres o de cultivo que, a lo largo de los años, con sus colecciones, preguntas, preocupaciones y aportes nos han ayudado a enfocar con otra óptica esta publicación.

Por último, agradecemos especialmente a nuestras respectivas familias quienes han colaborado en diversos aspectos para la concreción de este trabajo.

Los autores son miembros de la Carrera del Investigador Científico del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

Hongos comestibles: Teoría y Práctica para la recolección, elaboración y conservación

Dr. Antonio De Michelis de la Corporación de Fomento del Chubut (CORFO - CHUBUT) Delegación Noroeste con convenio con la AER El Bolsón del INTA; Dr. Mario Rajchenberg del Área de Protección Forestal, Laboratorio de Fitopatología y Micología del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP).

Publicado en:
Estación Experimental Agropecuaria Bariloche
Agencia de Extensión Rural El Bolsón
Centro Regional Patagonia Norte
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Ubicación: Modesta Victoria s/n - Paraje Villa Verde
Dirección Postal: CC 277 - (8400) San Carlos de Bariloche
Tel. (02944) 422731 - Fax: (02944) 424991

ebariloc@bariloche.inta.gov.ar
http://www.inta.gov.ar/bariloche

1° Edición, Enero de 2006

Diseño y Compaginación:
Sebastián Izaguirre
Sección Comunicaciones de EEA Alto Valle del INTA

Comunicación Técnica N° 5
Agencias de Extensión Rural - El Bolsón
ISBN N°: 1667-4006

Índice

Introducción 9

Capítulo 1: Algunos hongos que se recolectan en los valles Andinos Patagónicos y que se cultivan en la Argentina 13

Capítulo 2: Ciclo biológico, conservación del recurso y recolección de hongos silvestres de los bosques Andinos Patagónicos 17

Capítulo 3: Aspectos de la composición química y de la fisiología post-recolección o cosecha y su relación con la conservación 31

Capítulo 4: Manejo de los hongos para su consumo fresco: refrigeración 37

Capítulo 5: Manejo de los hongos para la obtención de productos congelados 47

Capítulo 6: Manejo de los hongos para la obtención de productos desecados y deshidratados 55

Capítulo 7: Manejo de los hongos para la obtención de conservas seguras: 113

- *Hongos en vinagre* 126
- *Hongos en mezclas de vinagre y agua* 128
- *Pickles o encurtidos de hongos* 130
- *Chutneys con hongos* 132
- *Hongos acidificados mediante escaldado ácido* 134
- *Escabeches de hongos* 135
- *Hongos deshidratados agridulces* 136
- *Hongos en aceite con condimentos* 137

Capítulo 8: Los hongos y la gastronomía 143

Introducción

Los hongos comestibles de los valles Andino Patagónicos son reconocidos por muchos paladares por su excelente calidad gustativa. Desde hace muchos años dicho recurso se viene explotando tanto para el auto consumo como para la comercialización en el mercado interno y el mercado internacional.

Como se indicará más adelante, debe evitarse la recolección indiscriminada de este tipo de productos ya que, como todo recurso natural, es muy importante considerar que no se trata de un recurso inagotable, por ello es fundamental entender su ciclo biológico para preservarlo y que su explotación se convierta en una actividad sustentable en el tiempo.

La aparición de la fructificación de los hongos en los valles considerados ocurre por períodos relativamente cortos, entre 30 a 60 días dependiendo de las condiciones climáticas particulares de cada año. Asimismo, en otros lugares donde se recolectan hongos silvestres, y en aquellos proyectos que cultivan hongos, las fructificaciones también ocurren en pocos días. Por ende su explotación debería ser integral tratando de comercializar una gama de productos que permita el máximo aprovechamiento del recurso, evitando el descarte de la materia prima.

Por ello, la elaboración y conservación de hongos comestibles se considera una actividad necesaria, como ocurre con cualquier producción perecedera, para emprendimientos que tengan como objetivo la recolección silvestre, el cultivo y la comercialización de hongos. Siempre, por razones de estacionalidad, picos de producción o la necesidad de generar negocios para tener presencia en el mercado durante todo el año, es preferible, además de la comercialización del **hongo fresco - que debería ser la meta comercial principal de los proyectos -** elaborar productos para acceder a otros consumidores y a otros mercados. El mercado nacional actual presenta la presencia de hongos frescos y deshidratados, y solamente se comercializa masi-

vamente una conserva de hongos Champiñon (*Agaricus brunnescens* o similares). Por ello es relevante para todos los proyectos tratar de insertar otros productos, como los hongos congelados, conservas de otros hongos y otros tipos de conservas de los mismos.

Para hacer eficiente la explotación de hongos de recolección silvestre y/o de cultivo es necesario tener en cuenta:

La capacitación de los actores que intervienen en la cadena de: extracción o cosecha - acopio - procesamiento - distribución - venta - consumo.

La observación de las normas elaboradas por especialistas, para su recolección, cultivo, cosecha y su procesamiento.

La obtención del máximo rendimiento posible de la materia prima recolectada.

La obtención de productos de la máxima calidad posible en todas sus presentaciones.

Se ha detectado que solamente se encuentra en la bibliografía publicada, un único trabajo con información organizada que permita cierta facilidad para la lectura y comprensión de los aspectos mencionados (De Michelis y Rajchenberg, 2002).

Este trabajo intenta, entonces, mejorar y ampliar aquella publicación, aportando conceptos, normas y técnicas comprobadas con el objeto de colaborar con los agentes que intervienen en la explotación de los hongos comestibles de los valles Andino Patagónicos, y de otros hongos ya sean de recolección silvestre en otras zonas o de cultivo. Si bien cada especie de hongo presenta características particulares, toda la información de conservación que se desarrollará en este trabajo es válida para cualquier hongo comestible con, a lo mejor, pequeñas adaptaciones para cada una de las especies.

Capítulo 1:
Algunos hongos que se recolectan en los valles Andinos Patagónicos y que se cultivan en la Argentina

Como ejemplo de los hongos más comunes que se recolectan en la Patagonia o que se cultivan en el país en la Figura 1 se presentan algunos hongos de recolección silvestre, y en la Figura 2 se presentan algunos hongos cultivados en la Argentina

Suillus luteus **(a veces denominado** ***Boletus luteus*****)**

Suillus lakei

Lactarius deliciosus

Agaricus campestris

Cyttaria darwinii
Llao llao o "pan de indio"

El Llao llao es aprovechado principalmente por las comunidades aborígenes, quienes elaboran productos tipo pickles y bebidas fermentadas.

Morchella o Morilla

Figura 1: Algunos Hongos de recolección silvestre en la Región Patagónica

De los hongos de recolección silvestre presentados, los más explotados en los Valles Andinos del Paralelo 42 son el *Suillus luteus* y la Morchella o Morilla, ambos de alto valor culinario, aunque la Morchella es mucho más apreciado en los mercados europeos que compran a precios razonablemente buenos todo lo que se puede recolectar, tanto en estado fresco como deshidratado. Se conocen muchos más hongos de recolección silvestre que son comestibles, muchos de ellos utilizados casi exclusivamente por los lugareños que los consumen desde hace mucho tiempo.

Champiñon de París
Agaricus brunnescens

Portobello

***Pleurotus ostreatus* o guírgolas**

***Lentinula edodes* o Shiitake**

Figura 2: Algunos Hongos Cultivados en la Argentina

Capítulo 2:
Ciclo Biológico, conservación del recurso y recolección

¿Qué son los hongos?

Es un grupo de organismos que acompañan al hombre desde los albores de la civilización. El pan, el vino, la cerveza, los antibióticos, las enfermedades principales de los cultivos son unos pocos ejemplos de cómo los hongos están integrados a la vida del hombre. Aunque han sido clásicamente ubicados junto con las plantas, y en las góndolas de los supermercados aparecen junto con las verduras, los hongos constituyen un grupo de organismos particular, diferente por sus características únicas: constituyen el denominado quinto reino de la naturaleza.

¿Un reino particular?

Sí, cuando se compara la historia evolutiva de los seres vivos se detectan claramente las bacterias, las algas, los animales unicelulares, los vegetales, los animales y.....¡los hongos!. En la Figura 3 se observa un esquema de cómo son las relaciones evolutivas entre los distintos reinos. Sorprende que los hongos aparezcan más cerca de los animales que de las plantas.

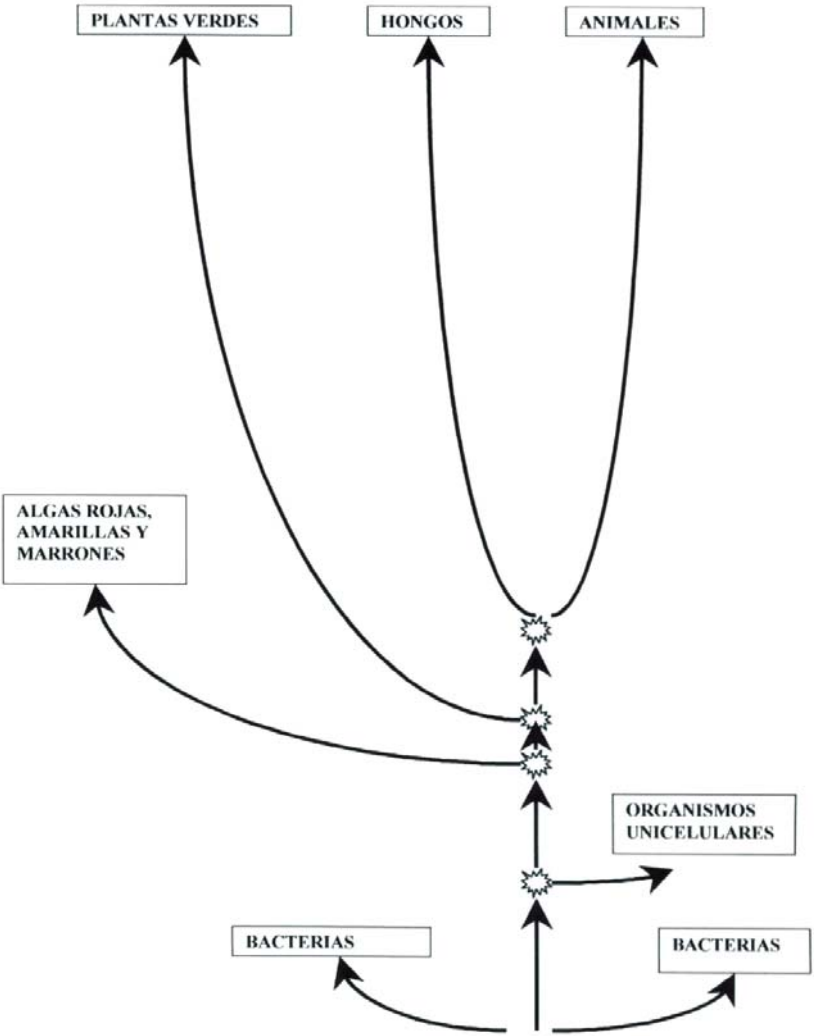


Figura 3: Relaciones evolutivas entre los distintos grupos de organismos en la naturaleza

¿Porqué siempre los hongos se encuentran junto a los vegetales?

Intuitivamente el hombre siempre relacionó la falta de movilidad de los hongos con las plantas. Las esporas que producen los hongos para su reproducción y para su dispersión, fueron siempre comparadas (o analogadas) con las semillas de los vegetales (aunque ambas son totalmente diferentes en estructura y función). Por otro lado, las células de los hongos están recubiertas de una pared celular...¡como si fueran las de un vegetal!.

Y entonces..... ¿porqué no son vegetales?

Tienen muchas particularidades: principalmente, no fotosintetizan sino que viven gracias a su capacidad de degradar sustancias orgánicas (nutrientes ya elaborados). El ejemplo más conocido por todos es el de las levaduras, que son hongos: ellas crecen, se dividen y se reproducen gracias al azúcar (un nutriente elaborado) que aprovechan de las frutas, liberando alcohol si se las hace crecer sin oxígeno; o pueden vivir a expensas de nutrientes de la harina para el pan, liberando al respirar el dióxido de carbono que leva la masa. Además, las paredes celulares de los hongos están hechas de quitina (¡la misma sustancia que forma el esqueleto externo de los insectos!) y no de celulosa como los vegetales. Y la sustancia de reserva de sus células es el glucógeno (la misma que fabrica el ser humano y otros animales) y no el almidón, como las plantas.

Los hongos comestibles

Ahora que sabemos que los hongos son... hongos, se puede agregar que muchos de ellos forman sus esporas en cuerpos fructíferos de gran tamaño. Esos cuerpos son los que se encuentran en el bosque y los prados sobre la tierra, los troncos y las ramas, con formas y colores más o menos vistosos, con consistencias y aromas variados. Muchos de ellos, incluso algunos que ya se "cultivan", han sido distinguidos por el ser humano por su aroma y su sabor particular que

los convierten especialmente apropiados para la mesa. Son los hongos comestibles, clasificados por los conocedores de acuerdo a su sabor, consistencia, aroma y la facilidad de conseguirlos.

¿Son especialmente nutritivos los hongos?

A modo de ejemplo, se puede decir que el champiñón de París, el más popular de los hongos comestibles en la cultura occidental, contiene mayor proporción de proteínas que la mayoría de los vegetales y las frutas (entre 3 - 4 % de su peso fresco). Desde el punto de vista nutricional, estas proteínas tienen una calidad intermedia entre la de los vegetales y las carnes ya que presentan menor cantidad de algunos aminoácidos (los componentes unitarios de las proteínas) como ser la metionina y la cisteína, pero presentan concentraciones mayores de lisina y triptofano. Por otro lado presentan menor cantidad de carbohidratos respecto de algunos vegetales como zanahorias y repollos y son una fuente excelente de vitaminas y de algunos ácidos grasos.

En la región Andino Patagónica existen dos tipos de hongos con grandes virtudes para la mesa: la Morchella y el Suillus (Figura 1). Ninguno de los dos han podido ser domesticados y cultivados por el ser humano, como ocurre con el champignón de París (*Agaricus brunnescens*, también conocido como *Agaricus bisporus*), el Pleurotus (también comercializado con el nombre de guírgola) y el shiitake (*Lentinula edodes*) (Figura 2). Esa imposibilidad de producirlos comercialmente, junto con sus propiedades ideales para la mesa, han convertido a las Morchellas y a los Suillus en hongos de alto valor comercial, un producto regional único que recibe cada vez más atención por parte de los productores.

La Morchella o morilla

Posee un sabor excelente, y es consumida cruda o cocida, siendo la

especie preferida en muchas mesas europeas, donde es posible exportarla justo antes de las fiestas de fin de año. Cruda puede llegar a producir trastornos intestinales, especialmente si se la consume con alcohol. Conocida como 'hongo del ciprés', esta especie constituye parte del grupo de las morillas, también llamadas verdaderas colmenitas. Hay varias especies, todas ellas comestibles, entre las que se destacan *Morchella intermedia y Morchella elata*. Estos hongos fructifican y son recolectados en primavera, desde octubre a noviembre, especialmente en los bosques de ciprés de la cordillera. No obstante, no son exclusivos de ellos ni están asociados específicamente a esa especie arbórea ya que también han sido encontrados en bosques de ñire, coihue, lenga y roble pellín.

La Morchella fructifica en pequeños claros de los bosques, ya sea en forma aislada o en grupos de pocos individuos. Tiene una forma muy particular, caracterizada por un pie que sostiene un sombrero, totalmente hueco, con aspecto de panal de abeja. Ese sombrero de color beige a castaño leonino es el que está recubierto por las esporas de la especie, que son diseminadas por el viento (Figura 4).

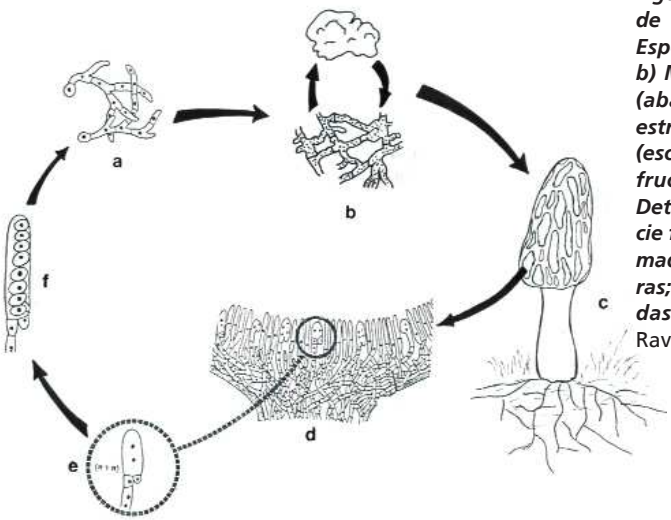


Figura 4: Ciclo de vida de una Morchella. a) Esporas germinando; b) Micelio en el suelo (abajo) formando estructuras apretadas (esclerocios, arriba); c) fructificación; d) Detalle de la superficie fértil; e) Célula formadora de las esporas; f) Esporas formadas (Adaptado de Raven et al., 1992)

¿Qué ocurre cuando se extraen todos los ejemplares de un manojo encontrado en un sitio?: Se disminuye la posibilidad de que queden esporas que podrían dar origen a nuevos individuos en los próximos años.

La Morchella es un hongo saprófito: Sus células vegetativas (es decir, aquellas que no forman parte de la fructificación pero que procuran los nutrientes para formarla) viven en el suelo degradando sustancias orgánicas. Estas sustancias complejas son transformadas a sustancias simples que son absorbidas directamente por el hongo, que crece y, en primavera, encuentra las condiciones de temperatura, humedad y luz necesarias para fructificar. Las células vegetativas, conocidas en conjunto como micelio, son las responsables de que se forme la fructificación. Lamentablemente, la Morchella forma un micelio poco abundante en el bosque, que está restringido al área cercana a donde se forma la fructificación (Figura 4). ***¿Qué ocurre cuando se arranca la fructificación de cuajo?: Se está eliminando la mayor parte del micelio que, quizás, pueda volver a formar otra fructificación al año siguiente.***

La Dirección General de Bosques y Parques del Chubut (DGBP), que es responsable de la extracción de los productos no maderables del bosque nativo en esa provincia, ha reglamentado la extracción y transporte de la Morchella. Esta reglamentación tiene como objetivo evitar la depredación de un recurso sumamente valioso para la región. Tiene como número el Decreto 764/04, y es recomendable tenerla presente cuando se desee recolectar las Morchellas ya sea para uso personal o comercial. La reglamentación subraya la necesidad de utilizar un cuchillo para cortar la base del pie y evitar arrancar la fructificación, dejar ejemplares en cada sitio para asegurar la dispersión de las esporas, y no extraer los ejemplares muy pequeños y poco desarrollados. Siendo pasibles de sanción las siguientes conductas:

- ***La extracción de ejemplares menores de 3 cm de altura***

- ***El deterioro y abandono de ejemplares colectados***

- La extracción de hongos con micelio vegetativo (generalmente asociado a la base del pie)

- La corta del sombrero con más de 2 cm de pie

- La extracción sin autorización de la DGByP del Chubut

- El no registro de la carga de hongos ante la autoridad forestal

- El transporte de hongos sin la guía habilitante

- La extracción de hongos en áreas afectadas por incendios

El Suillus

Posee un sabor muy bueno, aunque considerado de menor calidad culinaria que la Morchella. Es necesario consumirlo tras haberlo cocinado, secado o deshidratado, ya que fresco puede causar molestias gastrointestinales que derivan en diarreas y/o dolores. Ello ocurre porque posee en su composición sustancias que pueden resultar indigestas, son azúcares de alto peso molecular que no pueden ser hidrolizados por los enzimas del ser humano, para el organismo. Estas sustancias se tornan totalmente inertes por la acción de la cocción, del secado o la deshidratación.

Este hongo tiene el nombre botánico *Suillus luteus*, también es conocido como Boletus (por el género botánico en que era clasificado hace algunos años) y vulgarmente se lo conoce en nuestra región como 'hongo del pino'. Este último hace referencia a que fructifica únicamente en plantaciones de pinos, nunca en bosque nativo.

El Suillus fructifica abundantemente en plantaciones de pino durante el otoño, desde marzo a mayo, formando racimos con numerosos ejemplares. Siempre dependiendo de las condiciones climáticas, la cantidad de la fructificación suele ser muy alta. Sólo en otoños con

muy poca precipitación la cantidad obtenida es baja. Las fructificaciones son típicas de los hongos de sombrero, con un pie central y un sombrero hemisférico. El sombrero es castaño oscuro y mucoso a subgelatinoso cuando hay humedad y el hongo es joven; una vez crecido la superficie del sombrero suele secarse parcialmente.

En la cara inferior el sombrero presenta una estructura amarillenta con aspecto de esponja, consistente en un conjunto de tubos que forman una superficie poroide. Cuando se corta longitudinalmente al sombrero se distingue un tejido blanco, la 'carne', y el tejido amarillento formando los tubos, la 'esponja'.

Esta 'esponja' es la estructura que forma y lleva a las esporas de este hongo. Como estas esporas son castaño claras, la 'esponja' se torna de ese color al ir madurando la fructificación. Estas mismas esporas, al ser liberadas y separadas de la fructificación, pueden formar una masa de esporas que forman un depósito sobre la superficie de otro sombrero, o bien sobre el suelo u otros vegetales.

En el año 2002 se registró en La Comarca Andina del Paralelo 42 un hongo muy similar al *Suillus luteus*, pero se diferencia por un sombrero de color distinto: se trata del ***Suillus lakei*** (Figura 1). Mientras el *luteus*, como ya se comentó, presenta un color pardo homogéneo, el *lakei* muestra un color pardo suave con vetas más claras y es también comestible. El *Suillus lakei* aparece solamente en forestaciones de pino oregón.

El Suillus es un hongo simbiótico ya que sus células vegetativas forman una estructura particular con las raicillas de los pinos: las micorrizas (Figura 5). Estas estructuras son indispensables para los pinos, ya que les permite aumentar la absorción de nutrientes y agua, les da protección contra los patógenos del suelo y les otorga vitaminas y aminoácidos. Por todo ello los pinos pueden crecer más y mejor. Por su lado el Suillus se asegura la provisión de azúcares de la planta. ***El micelio del Suillus crece abundantemente en el suelo de una plantación, de tal manera que la extracción drástica y total de las***

fructificaciones no hace peligrar la persistencia de la especie: ella siempre tendrá su refugio en las raicillas del árbol.

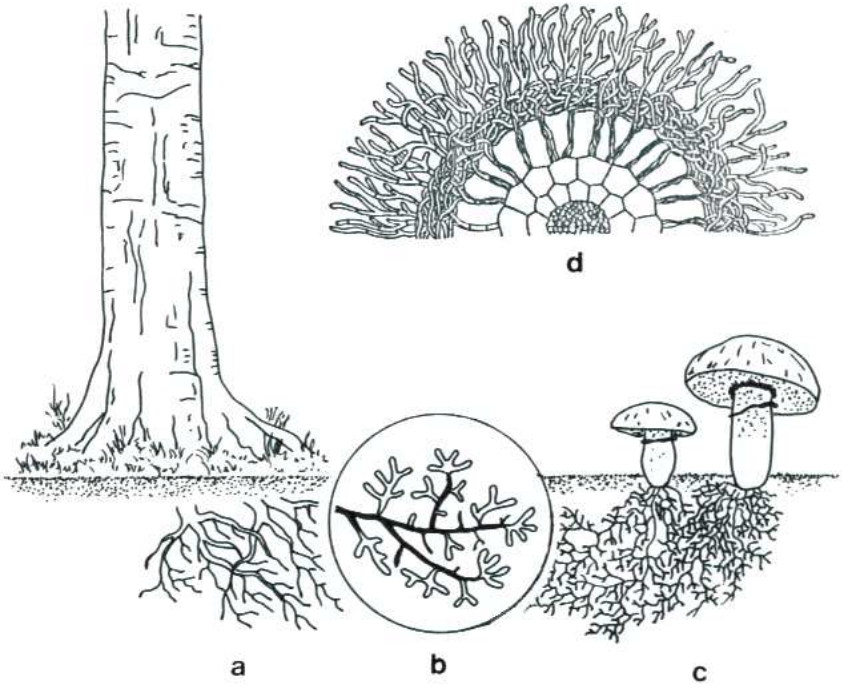


Figura 5: Relación entre Suillus luteus y el pino: a) raíces del árbol. b) raíces con micorrizas. c) micelio del hongo. d) anatomía interna de una raíz micorrizada. (Dibujo de Butin, 1989)

Asimismo, también puede hallarse un hongo que se lo denomina vulgarmente "falsa trufa", del que sólo aparece una mínima parte en la superficie del terreno, quedando la mayor parte enterrada; pertenece al género *Rhizopogon* y es un género afín a los Suillus (Figura 6). Es también micorrícico de pinos, muy frecuente en viveros

y plantaciones, y en la zona existen dos o tres especies. Según dice la gente que lo ha consumido es un hongo muy apreciado. Debe ser consumido mientras su carne es de color blanco o crema. Presenta como inconveniente para la conservación que rápidamente comienza a oscurecerse luego de recolectado, lo cual indica que ha comenzado su descomposición; entonces, debe evitarse su consumo.

Figura 6: Un ejemplar de Rhizopogon roseolus en etapa de descomposición (Gentileza de la Dra. Carolina Barroetaveña. Esquel - Chubut). ***A la derecha aspecto externo de una falsa trufa (Rhizopogon roseolus) de forestaciones de pino***

Recomendaciones para la recolección

La recolección de hongos requiere de tres elementos básicos:

- ***Un cesto o contenedor rígido***
- ***Un cuchillo de acero inoxidable***
- ***Buen criterio del recolector***

El recolector debe procurarse un cesto que le resulte cómodo para su traslado en el bosque o la plantación. No debe ser pesado ni tampoco

excesivamente grande ya que ***bajo ninguna circunstancia se debe acumular demasiado material: ello ocasionaría el aplastamiento, deterioro y pérdida del recurso***. Las cajas de fruta de cartón o de madera de aproximadamente 5 cm de altura son buenos elementos para el acopio.

El cuchillo debe estar suficientemente afilado para poder cortar y proceder rápidamente durante la recolección, evitando los 'tironeos' del material. También servirá para eliminar, al momento de la recolección, hojarasca y/o animales (caracoles, insectos, babosas) que puedan estar sobre la fructificación.

Un recolector criterioso tendrá en cuenta:

- Evitar la recolección de material sobre-maduro (aunque sea tentador por su -a veces- gran tamaño), al que le falte turgencia y que haya perdido la coloración característica (por ejemplo, el Suillus debe presentar su 'esponja' de color amarillo límpido o ligeramente castaño).

- Cumplir con las recomendaciones respecto a la recolección de Morchella (indicadas más arriba).

- Verificar en todo momento que se está recolectando la especie comestible. Tanto durante la recolección de Morchella como de Suillus es posible encontrar y confundirse con otras especies de hongos que se parecen en algún aspecto importante a aquellas comestibles pero que el recolector desprevenido puede pasar por alto. Gyromitra antarctica (Figura 7) se parece a la Morchella, pero tiene un sombrero con aspecto de cerebro, y se trata de una especie tóxica. Tricholoma muricatum (Figura 8) parece un Suillus cuando es reconocido desde arriba, pero no tiene 'esponja' amarilla sino laminillas blancas. Esta especie debe ingerirse con precaución, luego de cocinada. Recientemente se ha encontrado asociado a abedules una especie de Boletus (Figura 9) que se caracteriza por tornarse azul al

ser manipulado o cortado. Su identidad aún está por establecerse; hasta entonces es recomendable evitar su consumo debido a que dentro de los Boletus, con estas características, existen tanto especies tóxicas como otras comestibles.

- Por último hay que destacar que un recolector inteligente registrará en un cuaderno dónde y cuánto recolectó de hongos, todos los años. Eso le ayudará a comprender, evaluar y programar mejor su actividad.

Figura 7: Gyromitra antarctica (Falsa Morilla) prestar atención porque es tóxica y se suele confundir con la Morchella o Morilla

Figura 8: Tricholoma muricatum prestar atención porque puede ser indigesta y se suele confundir con el Suillus luteus

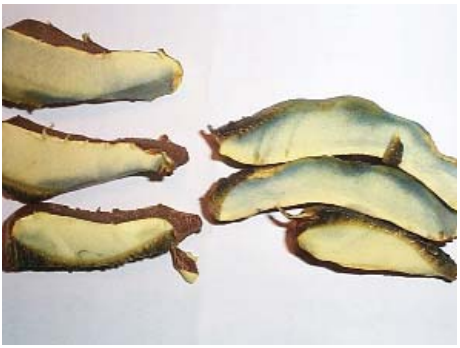


Figura 9: Boletus sp. Hay que tener cuidado porque existen sospechas de que puede ser tóxica y se puede confundir con el Suillus luteus

Algunos temas a tener en cuenta: explotación y sustentabilidad

El interés creciente por la recolección de productos silvestres como los hongos que se tratan en esta publicación llevarán, con el tiempo, a la necesidad de plantear los siguientes temas:

A) ¿cuál es el límite entre el uso y el abuso del recurso?

Se cae en el abuso cuando se ocasiona una pérdida gradual del recurso por sobre-cosecha. Esto es particularmente pertinente en el caso de la Morchella. Lamentablemente se conoce poco y nada acerca de cuánto 'hongo' producen los bosques, ni cuál es el efecto de la cosecha intensa y repetida en la abundancia de los años siguientes. Los técnicos, con la colaboración de los recolectores, pueden iniciar programas para conocer estos aspectos.

B) conflictos de interés

B1- los recolectores deben acordar con los propietarios de los bosques la autorización y, eventualmente, el costo por colectar.

B2- las autoridades regionales o municipales deben establecer si los bosques comunales pueden ser utilizados con fines comerciales, de recreación, o ambos.

B3- los recolectores deberían poder acordar y definir entre ellos cómo se distribuyen las áreas de recolección, y si prefieren la actividad individual o un sistema asociativo.

Si son hongos de cultivo deben observarse varias de las recomendaciones prácticas antes indicadas, pero no existe el problema de la conservación del recurso.

Capítulo 3:
Aspectos de la composición química y de la fisiología poscosecha y su relación con la conservación

Aspectos de la composición química

En la Tabla 1 se presenta la composición química de algunos hongos comestibles.

Tabla 1: Composición química de algunos hongos comestibles en % del peso seco (fuentes varias)

Especie	Carbohidratos totales	Proteína total	Lípidos	Fibras	Cenizas
Boletus granulatus	70,39	14,02	2,04	----	6,12
Champiñon cultivado México	30	30	10	10	20
Lactarius deliciosus	27,60	27,42	6,72	----	5,92
Morchella conica (Chile)	47,00	35,00	2,38	----	10,06
Morchella conica (Pakistán)	38,00	32,70	2,00	17,60	9,70
Pleurotus ostreatus cultivo México	33,34	33,33	8,33	16,7	16,63
Suillus luteus	56,58	20,32	3,66	----	6,10

Como se observa en la Tabla 1, en la composición química de los hongos, a pesar que presentan valores globales de nutrientes similares, la relación de contenidos difiere de un hongo a otro, aún en hongos de la misma especie pero de distintos orígenes. Asimismo, es de esperar que el mismo hongo recolectado en distintos tiempos presente composición diversa.

También puede haber diferencias entre hongos de cultivo cuando se desarrollan en distintos sustratos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Composición química de Pleurotus ostreatus en % del peso fresco cultivados en dos sustratos distintos (Adaptado de: Ciappini y col. 2004)

Sustrato	Humedad b.h.	Proteínas	Carbohidratos	Lípidos	Cenizas
Troncos Álamo	90,13	1,73	7,42	0,12	0,6
Paja de Trigo	90,13	2,42	6,82	0,13	0,4

Independientemente de los porcentajes de los distintos sustratos sólidos, los hongos poseen muy alto porcentaje de agua, relativamente altos porcentajes de hidratos de carbono (dentro de los cuales se encuentran los azúcares) y de proteínas (de varios tipos y también enzimas), y pH (una de las medidas de la acidez) relativamente alto. Esto es muy importante desde el punto de vista de la evolución poscosecha ya que todos los hongos son propensos a sufrir las denominadas reacciones de pardeamiento (formación de coloraciones oscuras, desde pardas a negras) tanto oxidativas como enzimáticas, si bien también hay que considerar que los hongos que poseen niveles similares de proteínas y más altos contenidos de carbohidratos de bajo peso molecular serán más propensos a sufrir pardeamientos que los que tienen menores contenidos de dichos carbohidratos.

Por ello, entre otros, **se debe prestar siempre mucha atención al posible daño mecánico**. El daño mecánico que se produce a veces durante la cosecha o recolección (aplastamiento, lesiones, desgarros, etc.) dispara una serie de reacciones químicas que van a afectar seriamente la calidad del producto terminado. El resultado más común de un manejo mecánico indeseable es la aparición de manchas oscuras en partes o en todo el hongo. Lamentablemente, en la mayoría de los casos, dicho daño recién se visualiza en el producto terminado, por ello es imprescindible prevenirlo. Siempre se debe cosechar o recolectar siguiendo las recomendaciones antes efectuadas.

Aspectos de fisiología poscosecha

Este aspecto, si bien las transformaciones ocurren simultáneamente, se dividirá en aspectos físicos y químicos.

Aspectos de la evolución física

En la Tabla 3 se presenta la evolución física de hongos Champiñon medida como porcentaje de "sombreros" abiertos.

Tabla 3: Porcentaje de sombreros abiertos en función del día de cosecha, para tres días de almacenamiento después de la segunda ola de fructificación (Adaptado de: Braaksma, A. y col. 1999)

Tres días de almacenamiento a 20 °C y > 90 % de humedad relativa después de la segunda ola de fructificación			
Cosechado día	% de sombreros abiertos		
	Diámetro inicial del sombrero 2–3 cm	Diámetro inicial del sombrero 3–4 cm	Diámetro inicial del sombrero 4– 5 cm
1	3,5	12,5	32
2	4,5	19,3	63
3	60,2	75	87
4	76,4	97,7	100

Evidentemente, la evolución química del hongo deriva en diversas observaciones físicas, como el porcentaje de sombreros abiertos que no sólo es función del día de cosecha sino del estado de desarrollo del mismo: Cuanto más "temprana" es la cosecha y más "chico" es el hongo mayor es la tendencia a mantener su forma inicial. Si bien el trabajo consultado no lo menciona, es altamente probable que la composición química inicial de los distintos estados de desarrollo sea distinta. La forma final del hongo, también modifica el aspecto de los productos elaborados y se considera como importante que el hongo elaborado tenga la forma más parecida al hongo fresco.

Aspectos de la evolución química: Respiración

Los procesos respiratorios probablemente sean los aspectos más importantes a los efectos de evaluar la evolución pos-cosecha. Los hongos, de forma similar que los vegetales, luego de recolectados o cosechados se comportan como seres vivos manifestando el fenómeno de la respiración: El hongo toma oxígeno del aire, lo utiliza en diversos procesos catabólicos (de degradación de sus propios componentes), y expele dióxido de carbono, agua y calor. La velocidad de respiración es función de muchos factores como la composición inicial, la acidez, etc. y de la temperatura (como cualquier reacción química); cuanto más alta es la temperatura mayor será la velocidad de respiración. Una de las formas de medir la velocidad de respiración es a través de la evaluación del oxígeno consumido. En la Figura 10 se presenta la velocidad de respiración en función de la temperatura de almacenamiento del hongo *Agaricus bisporus*.

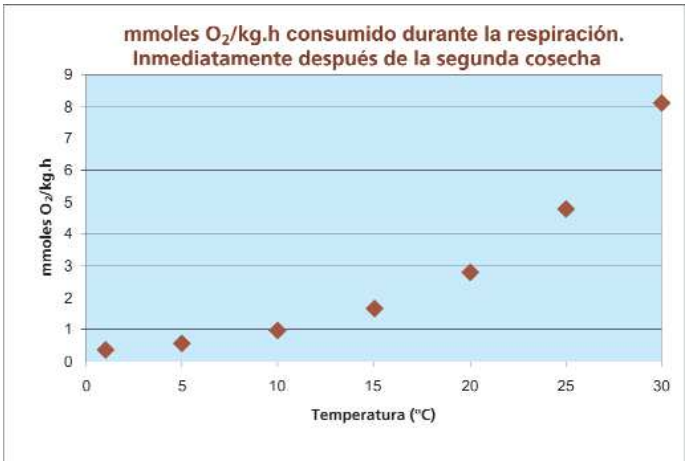


Figura 10: Velocidad de respiración (moles de O_2/kg h) en función de la temperatura de almacenamiento para Agaricus bisporus (Adaptado de: Varoquaux, P y col. 1999)

Como se ve en la Figura 10, la velocidad de respiración de los hongos es fuertemente dependiente de la temperatura; lógicamente cuanto más alta es la velocidad de respiración más rápido será el decaimiento post-cosecha del hongo.

En la Tabla 4 se presenta la velocidad de respiración del mismo hongo que el de la Figura 10 en función de la temperatura de almacenamiento y de los días de poscosecha correspondientes a la segunda ola de fructificación del cultivo.

Tabla 4: Velocidad de respiración del Agaricus bisporus en función de la temperatura de almacenamiento y del tiempo de poscosecha (Adaptado de: Varoquaux, P y col. 1999)

Velocidad de respiración en función de los días de poscosecha y de la temperatura de almacenamiento (segunda ola de fructificación)		
Días de poscosecha	mmoles O_2/kg h consumidos	
	1 °C	10 °C
1	1,775	1,9
2	1,7	2,5
3	1,55	2,8
4	1,7	3,1

Como se observa en la Tabla 4, la característica de la pauta respiratoria cambia con la temperatura de almacenamiento, permanece constante a 1 °C y se incrementa significativamente a 10 °C a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

En cuanto a la pérdida de agua promedio no varía con el tiempo de almacenamiento y según la publicación citada en la Tabla 4 es de 0,17 g agua/100 g fresco Día.

Respecto de la evolución de la materia seca durante los procesos de respiración, en la Tabla 5 se presenta la pérdida de materia seca % para el mismo hongo considerado en la Tabla 4, almacenado a 10 °C.

Tabla 5: Pérdida de materia seca (componentes sólidos) en Agaricus bisporus (Adaptado de: Varoquaux, P y col. 1999)

Componente	8 Días	10 Días
Materia seca total	14,4	18
Glucosa	1	1
Glicógeno	1,8	2,2
Manitol	0	25

Es evidente, según la Tabla 5, que la pérdida de sólidos degradados por las reacciones de respiración es más que importante si se considera que los hongos poseen aproximadamente entre un 5 y 10 % de sólidos en su composición inicial. Lógicamente dicho fenómeno afecta no sólo parámetros como el color sino que también afecta la textura, el sabor, aroma, etc.

A los efectos prácticos, es muy importante que el hongo se elabore inmediatamente después de recolectado o cosechado y en su defecto se los debe mantener, mientras se espera para su elaboración, en lugares ventilados y en envases poco profundos y perforados. Si es posible convendría colocarlos en ambientes refrigerados lo más próximos posible a los 0 ºC y con humedad relativa alta.

Las etapas para llevar a cabo este manejo son:

1. Cosecha o recolección: ver recomendaciones anteriores

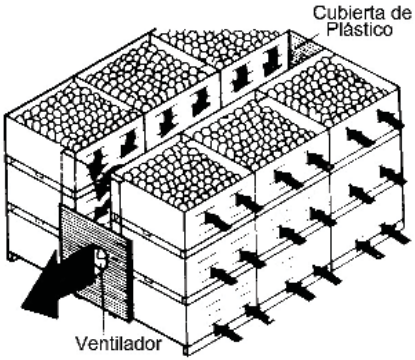
2. Adicionado de conservantes químicos: esta etapa puede ser necesaria pero no es imprescindible, lo que se busca es evitar la aparición de colores indeseables (normalmente denominados pardeamientos, como se puede observar en la Figura 11) o el crecimiento de microorganismos en la superficie del hongo. Para distribución y venta cercana podría evitarse con una duración del producto en calidad comercial de unos 4 o 5 días. Para distribución y venta lejana, y una duración de unos 10 días o más es necesario efectuarlo. Muchas veces se aplican los dos tratamientos.

2 a. Sorbato de potasio y ácido cítrico: Protege principalmente del crecimiento de microorganismos y ayuda -por el aumento de la acidez superficial- a evitar la aparición de colores extraños. Se prepara una solución que contenga 2 gramos de sorbato de potasio y 3 gramos de ácido cítrico por litro de agua. Se aplica sobre la superficie del hongo mediante una pulverización de gotas finas, observando que toda la superficie del hongo se moje. El operador deberá protegerse con mascarillas y guantes adecuados para evitar la ingestión del producto para el tratamiento.

2 b. Sulfítos en solución al 3 %: Se prepara una solución que contenga 30 gramos de metabisulfito de sodio o de potasio por litro de agua. Se sumerge el hongo en la solución durante 2 o 3 minutos y se escurre muy bien al ambiente

Figura 11: Pardeamiento superficial natural en Agaricus campestris o Champiñon de pradera 3 horas después de la recolección

3. Pre-enfriamiento: Se efectúa en cámaras con aire forzado a 0 °C, con la ayuda de sistemas para mejorar la velocidad del enfriamiento. Consiste en disminuir la temperatura del hongo lo más rápido posible, hasta llegar por lo menos a 4 °C. En la Figura 12a se muestra un dispositivo que se arma dentro de una cámara para pre-enfriar más rápido y una bandeja plástica que ha dado buenos resultados para esta operación, y en la Figura 12b se puede observar una cámara especialmente construida para mejorar la velocidad del pre-enfriamiento.



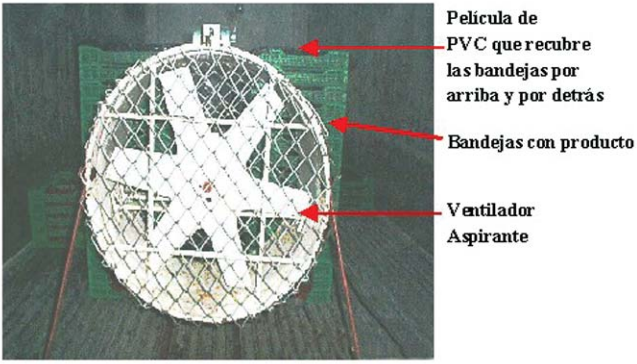


Figura 12a: Esquema de un sistema para montar dentro de cámaras de frío para mejorar la velocidad del pre-enfriamiento; bandeja plástica utilizada para soportar el hongo y sistema montado dentro de una cámara de frío (este último Gentileza de Establecimiento Arroyo Claro. El Bolsón - Río Negro).

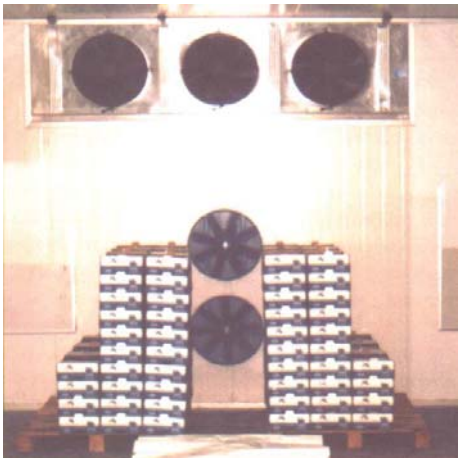


Figura 12b: Cámara frigorífica especialmente diseñada para aumentar la velocidad del pre-enfriamiento (Gentileza de la Empresa ByA Quality. Bs. As.)

4. Clasificación y empaque: Luego del pre-enfriamiento casi siempre se incluye una etapa de selección y empaque.

La selección es manual, siempre teniendo cuidado de evitar el daño mecánico, eliminando aquellos hongos que aparezcan con algún defecto; si el hongo ha sido tratado como se indicó en 2.- el operador debe trabajar con guantes protectores.

Para el empaque se pueden elegir varias alternativas. La más común es la utilización de bandejas de poliestireno, planas, con una cantidad de hongos pesada y luego envuelta con alguna película transparente. Las películas más utilizadas son las de "resinite" o las micro perforadas. Las primeras son más económicas, más "transparentes" y de fácil utilización. Las últimas poseen la ventaja de permitir el intercambio de gases de la atmósfera interna con el ambiente pero resultan más caras y de manejo un poco más complejo ya que normalmente exigen soldadura térmica. Asimismo, existe gran cantidad de envases para facilitar el empaque y lograr presentaciones más atractivas. En la Figura 14 se presentan hongos envasados con bandeja plana y resinite y en la Figura 15 una serie de envases de PET que pueden usarse para hongos.

Figura 13: Hongos frescos envasados en bandeja de poliestireno y película "resinite". Izquierda: Pleurotus ostreatus; Derecha: Pleurotus sapidus

Figura 14: Envases PET que pueden utilizarse para el envasado de hongos frescos con el fin de mejorar la presentación (www.integrity.com.cl)

Según Varoquaux, P y col. (1999), *la degradación del hongo no es afectada por las presiones parciales de oxígeno (O_2) y de dióxido de carbono (CO_2), es decir que las atmósferas controladas y modificadas no funcionan con estos hongos. Altas concentraciones relativas de CO_2 disminuyen la apertura del sombrero pero empeoran el color. El CO_2 sería fitotóxico para este hongo.*

Asimismo, la disminución de la humedad relativa ambiente no afecta la velocidad de respiración pero disminuye la posibilidad de crecimiento de microorganismos y por ende se mejora el color final.

Por ello sería recomendable envasar el hongo fresco con películas que permitan el intercambio de CO_2, O_2 y H_2O con el ambiente e impida la condensación de agua líquida sobre el hongo.

5. Almacenamiento Refrigerado: Se recomiendan cámaras con aire enfriado a 0 °C y con 90 - 95 % de Humedad Relativa. En la Figura 15 se presenta una cámara de paneles pre-formados

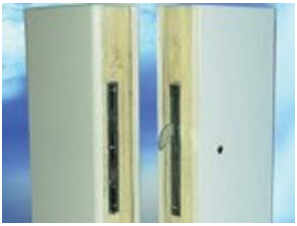


Figura 15: Cámara de paneles pre-formados (Gentileza Cooperativa de Fruticultores de El Hoyo. El Hoyo - Chubut) y vista de un detalle de los paneles que la constituyen (Adaptado de la Empresa Friolatina. Mendoza, Argentina)

Las cámaras pueden ser "convencionales" o diseñadas para trabajar con alta humedad relativa. Las cámaras convencionales se construyen de la forma que se indica esquemáticamente en la Figura 16. Poseen en su interior un equipo denominado evaporador - forzador, que enfría el aire por contacto directo con superficies metálicas previamente enfriadas por un refrigerante que circula por el interior de tuberías. Dentro de estas cámaras es necesario tener muy en cuenta que la humedad relativa es baja, por ello hay que tomar la precaución de instalar evaporadores con separación entre aletas no mayor que 5 mm, y casi siempre es necesario mantener el piso mojado con agua. Las cámaras de humedad relativa alta (un esquema se muestra en la Figura 17), están diseñadas para enfriar el aire con una corriente de agua previamente enfriada, el contacto del aire con el agua mantiene la humedad relativa del ambiente interno de la cámara en niveles altos a muy altos. Habitualmente dentro del mismo recinto de la cámara se instala el pre-enfriador. Estas últimas cámaras son más costosas que las convencionales, y su instalación normalmente se justifica para emprendimientos medianos a grandes.

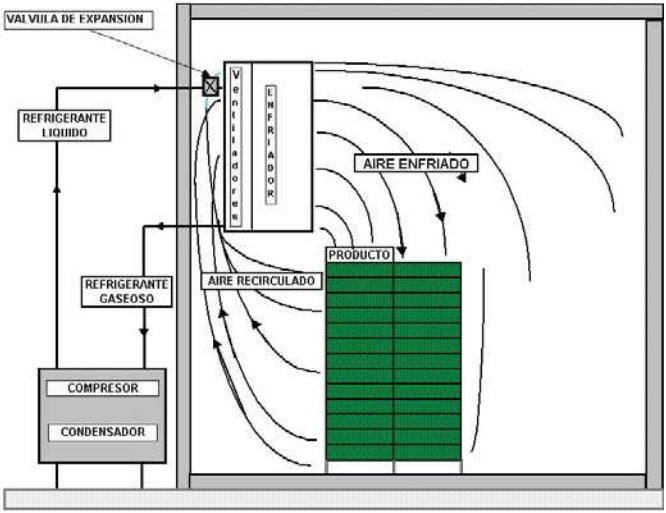


Figura 16: Esquema de una cámara "convencional" de aire enfriado y forzado

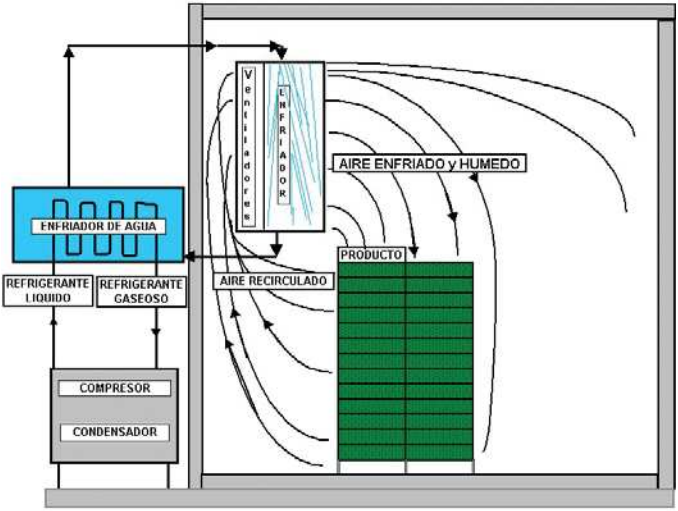


Figura 17: Esquema de una cámara con aire enfriado mediante agua, para trabajar con alta humedad relativa del ambiente

Lamentablemente, en proyectos de relativamente baja producción se debe trabajar con cámaras convencionales, y muchas veces por razones de inversión fija con la misma cámara hay que manejar el pre-enfriamiento y el almacenamiento refrigerado. Para estos casos, en la Figura 18 se presenta una disposición posible dentro de una cámara convencional para efectuar el pre-enfriamiento y para mantener la carga ya pre-enfriada, clasificada y embalada.

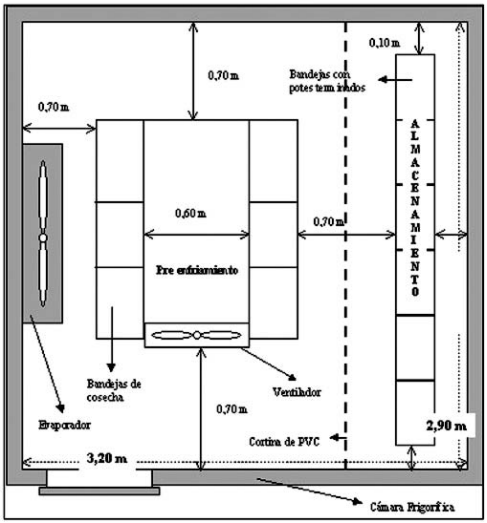


Figura 18: Disposición de una cámara convencional para pequeños productores

La cámara cuenta con dos sectores, separados por una cortina de tiras de PVC. En la primera parte se arma el dispositivo mostrado en la Figura 12, y en la segunda -detrás de la cortina- se dispone el material ya preparado para su despacho, como se muestra en la Figura 18.

Para proyectos más grandes seguramente se deberá contar con dos cámaras, una para el pre-enfriamiento y otra para la conservación. La primera puede ser una cámara convencional con el dispositivo de la Figura 12 montado en su interior o si la economía lo permite se puede instalar el sistema indicado en la Figura 13. En la Figura 19 se indica una posible disposición del material listo para su despacho en una cámara de conservación.

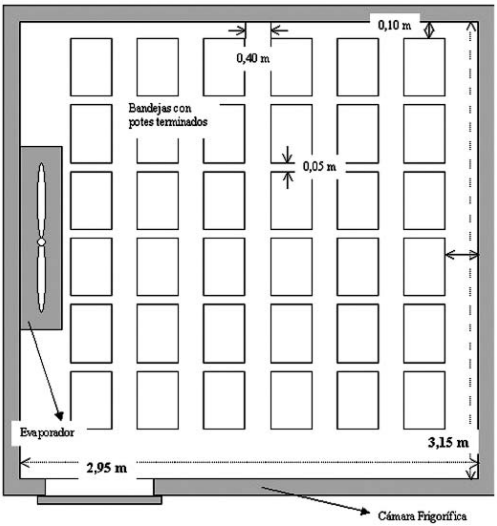


Figura 19: Posible disposición de hongos embalados dentro de una cámara de refrigerado

Espesor mínimo del aislamiento térmico para cámaras: Si son cámaras con aislamiento de poliuretano de alta densidad se recomienda un espesor mínimo de 60 - 65 mm. Si se usan cámaras con aislamiento de poliestireno de alta densidad dicho espesor debería ser de 100 mm.

Duración de la conservación refrigerada: Con calidad comercial y sin pre-tratamientos con conservadores los hongos pueden durar -manteniendo la cadena de frío- entre 3 y 6 días. Con pre-tratamientos la vida útil comercial se podría prolongar hasta unos 12 - 15 días.

Despacho de hongos frescos a distancias relativamente grandes: Cuando es necesario despachar hongos frescos a destinos muy alejados de la planta productora y no se pueden usar camiones con frío (frecuentemente se despachan en avión) es imprescindible proveer un empaque aislado (contenedor o caja master) con frío autónomo. Los contenedores que normalmente se utilizan son de dos tipos. De manta flexible o rígidos. En la Figura 20 se muestran ambos.

Contenedor de manta flexible

Contenedor rígido

Figura 20: Contenedores típicos para transporte de material altamente perecedero (El contenedor rígido: Gentileza de Establecimiento Arroyo Claro. El Bolsón - Río Negro)

Dentro de los contenedores, además de los hongos previamente enfriados, se coloca un gel congelado a - 20 °C (ver Figura 20) que puede mantener la temperatura interior por varias horas. La cantidad de gel congelado depende de las temperaturas ambiente y del número de horas que el producto debe viajar. Para viajes de 3 o 4 horas bastaría 1 kg de gel por contenedor, para más tiempo normalmente hay que colocar 2 kg. **Estos datos son muy aproximados, cada usuario debe hacer su propia experiencia**.

Capítulo 5:
Manejo de Hongos para congelación

1. Cosecha o recolección: Las mismas recomendaciones generales indicadas anteriormente.

2. Lavado: Es necesario tener en cuenta que el hongo congelado no es lavado por el consumidor final, por ello debe proveerse con todas las condiciones higiénicas y sanitarias correspondientes. El lavado debe efectuarse con abundante agua potable o potabilizada.

3. Pelado, trozado, etc., si es necesario: Debe manejarse con cuchillos de buen filo y de acero inoxidable. Mientras se efectúa esta operación conviene sumergir los trozos en agua potable o potabilizada con 2 % de sal de mesa para disminuir los pardeamientos oxidativos.

4. Escaldado y/o adicionado de conservantes:

4.1. El escaldado: es un tratamiento térmico que busca disminuir la actividad de las enzimas naturales responsables de los llamados pardeamientos enzimáticos. El tiempo de tratamiento depende del método empleado (agua o vapor de agua), del tamaño de los trozos, de la variedad del hongo, etc. Para trozos u hongos enteros de entre 3 y 4 cm, sumergir durante 2 minutos en baño de agua hirviendo. Finalizado el tiempo, retirar inmediatamente los hongos y enfriarlos bajo chorro de agua potable o potabilizada. Este tratamiento podría afectar la textura final de algún hongo por ello a veces se opta por tratamientos químicos en frío.

4.2. Adicionado de conservantes: Se utilizan soluciones de sulfitos al 3 % y se maneja del mismo modo que en refrigeración. Este tratamiento a veces se efectúa en caliente, con la solución a 80 °C (combina 4.1.- y 4.2.-).

En la Figura 11 se muestra un *Agaricus campestris* con signos de pardeamientos poco después de recolectado.

5. Drenado: Siempre antes de someter los hongos a congelación deben drenarse convenientemente. A veces para acelerar el drenado se utilizan ventiladores de relativamente alta potencia, esto último permite obtener una superficie del hongo bien "seca" lo cual ayuda a la posibilidad de obtener congelado individual.

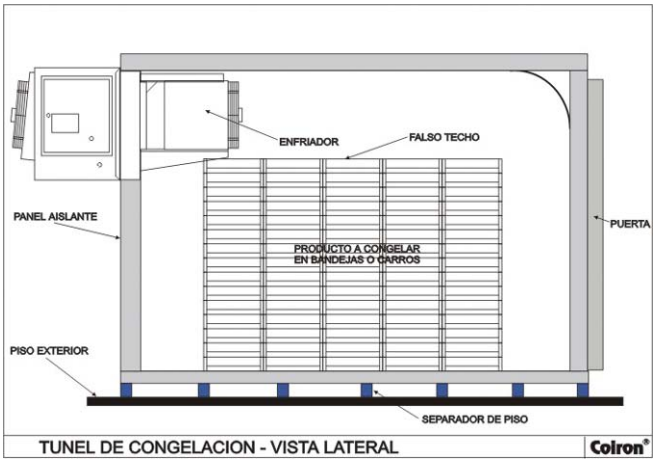
6. Congelación: Los hongos deberían congelarse con aire forzado a - 30 °C, o con fluidos criogénicos, normalmente a - 40 °C, soportados con bandejas similares a las mostradas en refrigeración.

6.1. Cuando se congela con aire forzado, aún para grandes producciones se utilizan cámaras "convencionales" del mismo tipo que las mostradas en refrigeración, sólo que el espesor del aislamiento térmico es mayor: 100 mm como mínimo para poliuretano de alta densidad o 150 mm para poliestireno de alta densidad.

También para congelación se pueden usar cámaras comunes o cámaras especialmente diseñadas para aumentar la velocidad de congelación. En la Figura 21 se muestran, esquemáticamente, ambas cámaras. En estos sistemas los tiempos de congelación pueden variar desde 30 minutos (Figura 21b) y entre 4 a 12 horas dependiendo de la carga de hongos que se efectúe y de la potencia de los equipos de frío que se instalen (Figura 21a).

La densidad de carga de las cámaras para congelar ronda los 180 kg por m^3 útil. El volumen real de cámara se calcula dividiendo el volumen útil por 0,55 - 0,60. La necesidad de extracción de calor es de alrededor de 120 kilocalorías por kg de hongo a congelar.

(a) Instalación típica (Gentileza de la Empresa Coiron. Bs. As.)



(b) Disposición para acelerar los tiempos de congelación (Gentileza de la Empresa Power Cold. Bs. As.)

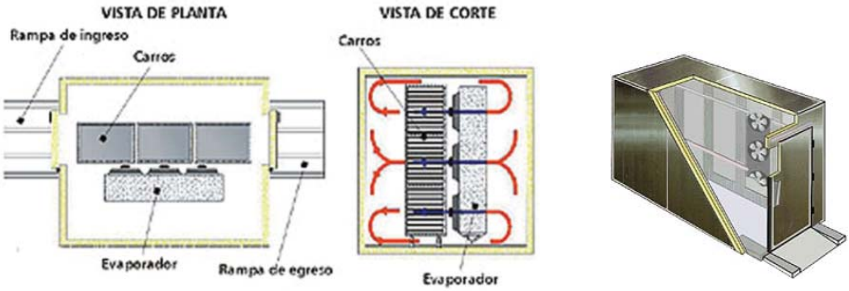


Figura 21: Cámaras congeladoras con aire enfriado y forzado

6.2. Cuando se utilizan fluidos criogénicos, considerados como una buena alternativa si el precio del producto lo permite, las empresas proveedoras del fluido criogénico (Nitrógeno o Dióxido de carbono líquidos), también proveen los equipos en comodato con un alquiler relativamente bajo. La congelación criogénica funciona como se indica en el dibujo de la Figura 22, y en la Figura 23 se muestra un gabinete comercial -discontinuo- típico con una capacidad aproximada de 100 kg de hongo fresco por carga. Los tiempos de congelación en este caso oscilan entre los 15 y los 30 minutos dependiendo de la densidad de carga de las bandejas. Cuando más densa es la carga más se tarda en congelar. En este sistema se puede reconocer una ventaja adicional cual es el procesamiento en ambientes sin oxígeno que normalmente ayuda a disminuir los riesgos de pardeamientos, El costo operativo de congelación (no incluye costos de amortización, etc.) es aproximadamente 6 veces mayor que el costo con aire enfriado.

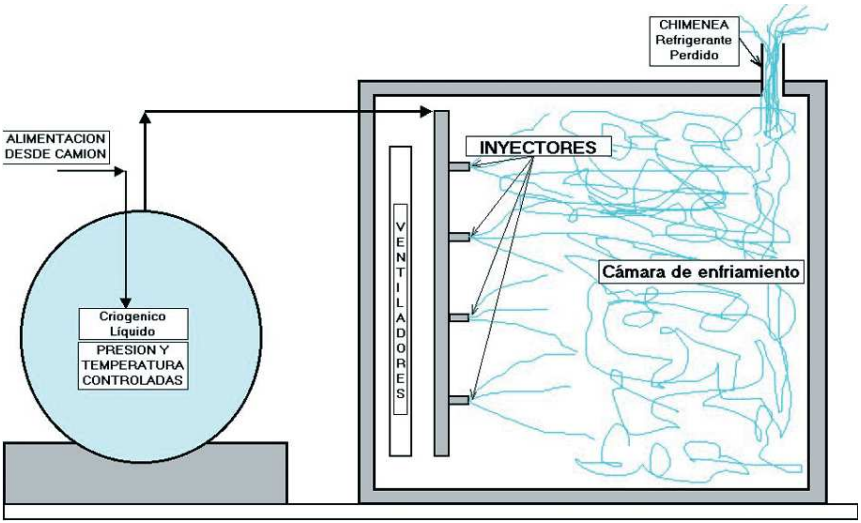


Figura 22: Esquema de funcionamiento de cámaras de congelación criogénica

Figura 23: Gabinete criogénico comercial (Gentileza de la Empresa Praxair. Bs. As.)

La congelación también podría efectuarse con **congeladores continuos**, tanto con aire como con fluidos criogénicos, pero sólo se justifica su instalación para muy grandes producciones y para por lo menos 9 meses de operación. Los más pequeños pueden procesar alrededor de 250 kg/h

7. Clasificación y Empaque: Estas operaciones, normalmente, se llevan a cabo manualmente separando por lo menos en dos calidades: 1) hongos o trozos de hongos congelados en forma individual (IQF) y 2) hongos o trozos de los mismos que estén pegados entre sí. En ambos casos luego se envasan en cajas de cartón corrugado + bolsa o bolsas de polietileno de 50 a 100 micrones y se disponen inmediatamente en cámaras de conservación de congelado (ver Figura 24).

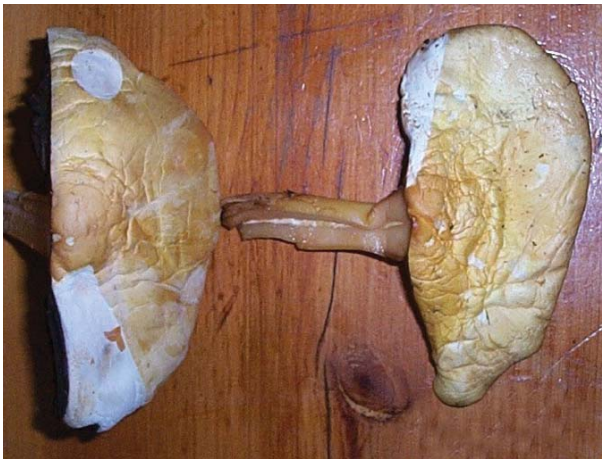
8. Almacenamiento congelado: El almacenamiento del producto congelado debe hacerse con cámaras que funcionen de **- 18 a -20 °C**, y la única limitación reside, si se utilizan cajas de cartón corrugado, en la resistencia del cartón. Frecuentemente se utilizan sistemas de paletizado con "muletas", pero en pequeñas producciones lo más recomendable sería usar sistemas de estantes, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24: Caja de cartón corrugado y bolsa de polietileno e interior de una cámara de almacenamiento congelado con sistema de estantes

Duración de la conservación: Para hongos escaldados unos 9 meses; para hongos tratados con sulfitos unos 5 meses. **Para hongos sin tratamiento previo es imprescindible efectuar experiencias propias**.

En la Figura 25 se muestran las diferencias entre un hongo pardeado, congelado y descongelado, y uno escaldado inmediatamente después de recolectado también congelado y descongelado.

a) Izquierda: fresco. Derecha, congelado y descongelado



b)

Figura 25: a) Hongo con pardeamiento natural, sin escaldar, congelado y descongelado. b) Hongo escaldado inmediatamente después de recolectado, congelado y descongelado.

En la Figura 25 a), se puede observar el aspecto que toma el hongo cuando aparecen problemas de escaldado y en la imagen derecha se aprecia el efecto indeseable del congelado y descongelado sobre la textura del hongo. Mientras que en la Figura 25 b), cuando el hongo se escalda inmediatamente después de cosechado el aspecto cambia mucho, tanto en los problemas de color superficial como en los de la textura. También se puede apreciar la importante reducción del tamaño que sufre el hongo durante el escaldado; este fenómeno es positivo porque ayuda a mejorar la textura, y por ende el aspecto visual, del producto final (sin embargo es necesario aclarar que no todas las especies de hongos se comportan del mismo modo).

De todos modos y aún tomando precauciones con tratamientos previos la textura se ve afectada debido al aumento de volumen que sufre el agua durante su congelación. Dicho aumento de volumen produce daños mecánicos adicionales que ayudan a que el hongo exude líquido (con componentes importantes para la calidad del mismo) durante la descongelación. Si a ello se suma que durante la descongelación, además, puede haber desarrollo microbiano acelerado, siempre conviene preparar el producto congelado "listo para usar" y evitar la descongelación previa, es decir se debería cocinar directamente desde el estado congelado.

Asimismo, siempre conviene tener en cuenta que el producto descongelado no conviene volver a congelarlo sin previo tratamiento térmico (por razones de calidad organoléptica - textura y color - y sanitarias, principalmente el desarrollo de microorganismos), esto significa que habría que proveer porciones del tamaño que se va a utilizar en cada preparación o proveer congelado individual conocido en el mercado como congelado IQF.

Capítulo 6:
Manejo de Hongos para deshidratación o desecación

Si bien se tratará en particular la deshidratación y la desecación de hongos comestibles, es importante contar con una visión general del secado para comprender su complejidad.

La conservación por deshidratación y desecación es el método de conservación más antiguo que se conoce, y posiblemente aún sea el más utilizado. En principio y a pesar de que luego indistintamente se utilizará el término deshidratación, secado o desecado, una definición aceptada es:

Deshidratación: Es la eliminación de agua mediante el tratamiento del producto por calor artificial (aire previamente calentado, superficies calientes, etc.).

Secado o desecado: Es la eliminación de agua mediante el tratamiento del producto en condiciones ambientales (sol, viento, etc.).

Como todo método de conservación posee ventajas y desventajas.

Ventajas más relevantes:

- Muy útil y relativamente fácil de llevar a cabo a cualquier nivel. Particularmente apto para poblaciones de bajos recursos, y a pequeña escala requiere inversiones mínimas.

- Los productos poseen una vida útil muy prolongada, si se secan a niveles de humedad residual adecuados.

- Se produce una reducción muy importante de peso y volumen. Lo que implica mínimos costos de almacenamiento, empacamiento y transporte.

- No requieren instalaciones especiales para su almacenamiento posterior.

- Son productos compatibles con cualquier otro ingrediente deshidratado para elaboración de mezclas.

Desventajas más relevantes:

- La calidad es relativamente baja en cuanto a contenido residual de nutrientes, textura, aroma, etc., si se compara con el producto fresco.

- Baja capacidad de rehidratación del producto, por ello es casi imposible volver a tener el peso original.

- Alto costo de equipamiento para grandes producciones, y equipamiento muy específico para cada producto y proceso.

Este método, igual que todos, debe tratarse para que la pérdida de calidad sea la mínima posible. Esto exige, entre otros, que la **rehidratación** del producto seco conduzca a productos lo más parecidos posible a los frescos que le dieron origen. Para llegar a productos de buena calidad hay que optimizar los procesos. El diseño del proceso debe considerar el efecto de los fenómenos de transferencia de calor y materia sobre la estructura del tejido alimentario.

En refrigeración y congelación sólo se estudia la transferencia de calor. En deshidratación hay que estudiar en forma conjunta la transferencia de calor y materia, lo cual hace más complicado el estudio de la optimización.

Esquemáticamente el proceso de secado se puede representar como se indica en la Figura 26.

Transferencia de calor y agua durante la deshidratación de alimentos

La transferencia de calor y materia en alimentos depende de:

Factores externos: ***temperatura, presión, humedad y velocidad del medio de secado.*** Estos son bien conocidos y existen ecuaciones relativamente simples para su manejo.

Factores internos: ***éstos son poco conocidos todavía, debido a la complejidad generada en la posibilidad de transportar agua hacia la superficie del producto.***

Su tratamiento matemático riguroso es muy complejo ya que se ponen en juego muchos mecanismos de transporte.

Durante la ocurrencia de los fenómenos de transferencia de calor y materia, también se manifiestan fenómenos de degradación. Estos últimos ocurren a muy alta velocidad ya que se trabaja a temperaturas relativamente altas. ***Por ello se debe tender a secar lo más rápido posible.***

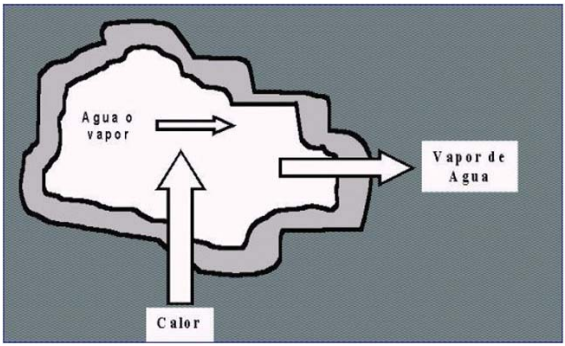


Figura 26: Esquema simplificado del mecanismo de secado. Representación esquemática de un tejido vegetal sometido a deshidratación

La velocidad de secado depende de:

La velocidad con que se aporta calor, que a su vez es función de:

La temperatura del medio de secado

La velocidad superficial del medio de secado

La resistencia del producto a la transferencia de calor

La velocidad de eliminación del vapor de agua en la superficie.

La relación entre la cantidad de alimento y medio de calefacción.

Las temperaturas máximas que admite el alimento.

La velocidad de evolución de las reacciones de deterioro.

La velocidad de migración de agua y solutos en el interior del alimento y la tendencia a la formación de capas impermeables en la superficie del producto (costras): *esta característica es muy importante para la calidad final del producto. La situación más deseable es que el agua se evapore en su sitio y dentro del tejido del producto se transporte vapor de agua hacia la superficie del mismo, con ello los sólidos disueltos en las soluciones que tiene el alimento quedan en su lugar (ver Figura 26). Si por el contrario, migran las soluciones en estado líquido para evaporarse en la superficie del hongo, los sólidos disueltos se van depositando en la periferia del producto. Esto genera "costras" que van haciendo impermeable la superficie del producto hasta llegar un momento que no permiten que salga más líquido o vapor. En ese momento, por más que se aplique calor, se aumente la temperatura, etc., el producto no puede seguir secándose quedando con mucha humedad en su interior. Por ello a pesar de que se recomienda secar lo más rápido posible, la velocidad de secado debe regularse para que no ocurra la formación de costras impermeables.*

Procesos básicos del secado

Cuando se diseña un equipo de deshidratación para eliminar agua de un alimento de manera eficaz, deben tenerse en cuenta los diversos procesos y mecanismos que tienen lugar en el producto y en el equipo. Los procesos y mecanismos tienen particular importancia en los tejidos vegetales y de los hongos, en los que la eliminación de agua produce cambios en la estructura.

Actividad de agua (equilibrio sorcional): Uno de los parámetros más importantes en el secado de alimentos es la condición de equilibrio que determina el límite del proceso. La actividad de agua (Aw) es el factor determinante en el estudio de la estabilidad de los alimentos deshidratados. La Aw no es función directa del contenido porcentual de agua del producto.

La Aw es función del:

- *Contenido de agua del alimento y del tipo y cantidad de los sólidos disueltos en ella*

- *Temperatura*

- *Mecanismo: desorción (eliminación de agua durante el secado) o sorción (absorción de agua durante el rehidratado de productos secos) de agua (como las curvas de desorción y sorción no son las mismas, a la diferencia se la denomina: histéresis)*

Cuando se diseñan procesos de deshidratación o secado sólo interesan las curvas de Aw para la desorción. Contrariamente, si se requiere la rehidratación del producto seco, interesarán las curvas de sorción.

En la Tabla 6 se presenta un ejemplo de valores de Aw a distintas temperaturas y contenido de agua en muestras de hongos Morchella.

En la Tabla 6 se pueden ver los contenidos de agua del hongo y los correspondientes valores de Aw de equilibrio, a distintas temperaturas, durante la desorción de agua en Morchella. Las frutas, hortalizas y hongos frescos poseen un Aw alto, excepto en frutas secas y algunas legumbres, muy próximo a 1.

A medida que se elimina agua o se aumenta la temperatura el Aw tiende a disminuir. Es aceptado que para que un producto deshidratado sea estable, es decir, las reacciones de degradación ocurren a muy baja velocidad y el desarrollo de microorganismos se ve impedido, el Aw debe ser de 0.7 o menor. En el caso de la Morchella el valor 0.7 se obtiene para valores de contenido de humedad de aproximadamente 15 %. Mientras que en la mayoría de las hortalizas el contenido de humedad, para Aw 0.7, oscila entre 9 y 14 % y para frutas de alto contenido de azúcares oscila entre el 20 y el 30 %.

Tabla 6: Valores típicos de Aw para hongos Morchella en función de la temperatura y el contenido de humedad de la muestra (Adaptada de Mulet y col 2002)

Hongo Morchella. Humedad inicial 90,2 %				
Contenido de humedad en base húmeda %	Temperatura			
	5 °C	15 °C	25 °C	35 °C
	Actividad acuosa (Aw)			
2,44	0.109	0.122	0.127	0.144
3,85	0.207	0.238	0.258	0.273
4,67	0.289	0.308	0.305	0.314
5,21	0.344	0.329	0.355	0.379
6,10	0.388	0.409	0.448	0.470
8,51	0.499	0.514	0.526	0.541
9,34	0.529	0.544	0.556	0.570
14,89	0.667	0.672	0.673	0.681
24,24	0.823	0.822	0.822	0.827
28,93	0.872	0.878	0.879	0.882
32,39	0.896	0.904	0.905	0.908
34,64	0.919	0.906	0.905	0.923

Esto significa que también la composición del producto afecta el valor del Aw, por ende *para cada materia prima hay que conocer los valores de Aw para estimar la humedad residual necesaria para que el producto sea estable*. En el caso del ejemplo de la Tabla 6, el valor de humedad residual a 25 °C (temperatura ambiente) para obtener un Aw de 0.7 ronda el 15 %, esto significa que el hongo comenzará a ser estable en cuanto al contenido final de humedad para valores residuales de humedad menores que el 15 %. Para *Boletus edulis* se indica que para una Aw de 0,6 corresponde una humedad de equilibrio de 17,4 % en base húmeda (Sanjuán y col. 2003).

Evidentemente, para cada materia prima se requiere evaluar la Aw para estar seguros del contenido de humedad de seguridad. En la práctica se prefiere llegar a valores de humedad final un poco menores ya que el producto seco sometido a ambientes húmedos recuperará el equilibrio y se humectará. Normalmente, en el caso de hongos se prefieren contenidos de humedad final del orden del 10 %; aunque se han observado algunos inconvenientes en *Pleurotus ostreatus* (experiencias del Alto Valle de Río Negro - Argentina) que se torna muy "quebradizo" para contenidos de humedad inferiores al 13 % en base húmeda.

Komanowsky y col. (1970), encontraron que en *Suillus luteus, Suillus edulis, Agaricus bisporus y Agaricus campestris*: Si se supera el 10 % de humedad residual aparecen más problemas de color -oscurecimientos- con el tiempo de almacenamiento.

Por ello, los valores de la Tabla 6 sólo sirven para ejemplificar, no deben tomarse como válidos para cualquier especie de hongo.

Velocidad y temperaturas durante el secado

La eliminación de agua de un alimento se puede realizar en una serie de etapas bien diferenciadas. Todas las etapas se esquematizan en la Figura 27.

La primera (A - B), es una etapa de transición en que el producto comienza a evaporar agua mientras incrementa su temperatura, aumentando así la velocidad de evaporación. Luego, en la etapa B - C, si el contenido de agua es muy elevado, se produce la eliminación de buena parte del agua a velocidad de secado constante. Ésta tiene lugar a temperatura constante y coincide, si se seca con aire, con la temperatura de bulbo húmedo (Tbh) del mismo. Cuando finaliza esta etapa, la humedad alcanzada en el producto se llama humedad crítica. La humedad crítica se identifica por el brusco cambio de pendiente en la curva de velocidad de secado.

Luego ocurren una o más etapas en que la velocidad de secado es decreciente (C - D; D - E).

Si se analiza la evolución de la temperatura en el producto se puede ver:

En el tramo A - B la temperatura aumenta, luego permanece constante en todo el periodo B - C y coincide con la Temperatura de bulbo húmedo (Tbh) del aire (ocurre como si evaporara agua pura) y la temperatura del alimento se mantiene por debajo de la temperatura de bulbo seco del aire (Tbs, la que miden los termómetros). Cuando se alcanza la humedad crítica, la temperatura del alimento comienza a subir aceleradamente hasta alcanzar prácticamente la temperatura del medio de secado, si es aire Tbs.

Este comportamiento es muy útil ya que en la etapa de velocidad de secado constante la temperatura del aire de secado se puede manejar convenientemente; mientras que en las últimas etapas, de velocidad de secado decreciente, es fundamental que la temperatura del medio no supere determinado valor (en la mayoría de los casos

no más de 60 °C, ya que ésta se considera como la de comienzo de la cocción). En todas las frutas, hortalizas y hongos, la evolución de las curvas no es igual. En cada caso se debería conocer cómo evoluciona la temperatura del producto para asegurar que no se trabajará a temperaturas poco adecuadas.

Transferencia de calor y materia

Las características particulares de los materiales vegetales hacen que el diseño, optimización y operación de los equipos de secado constituya un problema de alta complejidad.

Las deficiencias más importantes para el diseño se encuentran en el conocimiento del material y del proceso. En consecuencia todavía el diseño es semi empírico, basado en la experiencia y en ensayos en equipos piloto.

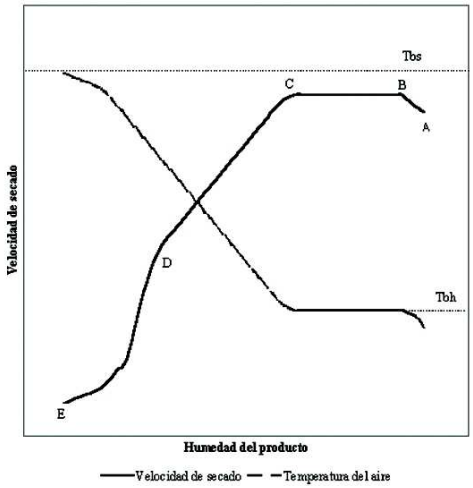


Figura 27: Etapas que pueden tener lugar durante la deshidratación de frutas, hortalizas y hongos

No se han generado aún modelos simplificados que permitan abarcar este proceso en forma generalizada, ya que su resolución involucra:

- Balances de materia en el producto

- Balances de energía en los sólidos

- Balances de materia en el medio de secado

- Balances de energía en el medio de secado

- Propiedades físicas y de transporte del medio de secado

- Propiedades físicas y de transporte del producto, y su variación con el contenido de agua residual y la temperatura

- Modelos que representen el equilibrio sorcional del alimento (Aw de equilibrio)

- Modelos que tengan en cuenta el encogimiento volumétrico y superficial del producto, y del lecho de partículas

- Modelos que describan la cinética del secado (contenido de agua en función del tiempo, para distintas condiciones de operación)

- Ecuaciones que describan la cinética de degradación de algún componente guía importante (normalmente algún nutriente) para su conservación

La transferencia de agua involucra varios mecanismos y cada uno posee ecuaciones de transferencia particulares. Por ello se resuelven ecuaciones de transferencia mediante balances macroscópicos y la complejidad se incluye dentro de los coeficientes de transferencia de calor y materia, que también son globales. Para **modelar el proceso** hay que resolver, teniendo en cuenta un complejo sistema de ecuaciones, cuatro incógnitas en todo el desarrollo: *Contenido de agua en el alimento; Temperatura del alimento; Humedad del medio de secado; Temperatura del medio de secado*

Por lo expuesto, es sumamente complicado estimar procesos de deshidratación o secado desde el conocimiento de los fenómenos que se involucran y su, también, muy compleja resolución matemática. Por ello no se profundizará en el estudio teórico de la deshidratación y el secado.

Descripción del equipamiento y condiciones de operación

La descripción del equipamiento y las condiciones de operación, se realizará para procesamiento hogareño y comercial de pequeña escala, ya que el comercial a gran escala, como se indica en la Tabla 7 es muy distinto debido al grado de tecnificación que requiere.

Equipo para deshidratación y secado: Descripción, capacidades, temperaturas y criterios de selección

En esta parte, es necesario distinguir entre procesamiento *hogareño y comercial* de pequeña escala.

Procesamiento hogareño: En el hogar, en general se trata de realizar el secado en condiciones ambientales o el aprovechamiento de fuentes de calor ya instaladas, como cocinas a leña, calefactores, etc. En muy pocas oportunidades conviene construir infraestructura específica para la deshidratación de hongos, a menos que se efectúe en forma comunitaria.

Procesamiento comercial de pequeña escala: En este caso, siempre es necesario infraestructura adecuada para la deshidratación de hongos, y no es conveniente utilizar condiciones ambientales.

Siempre que deba deshidratarse o secarse un producto, es necesario tener en cuenta que cuanto más rápido se produzca el proceso, mejor será el producto final. Por ello es muy importante cuando se selecciona un método, tratar de elegir el más rápido. Siempre los

métodos más rápidos son aquellos que utilizan fuentes de calor por sobre las condiciones ambientales, ya sea mediante el mejor aprovechamiento del calor solar o mediante la calefacción previa del aire ambiente.

Como ya se mencionó, existen varios métodos para la obtención de productos deshidratados de vegetales y hongos, pero por el alcance de esta publicación sólo se describirán aquellos métodos que utilizan condiciones ambientales o aire previamente calefaccionado.

Equipamiento hogareño

Se pueden distinguir tres tipos de procedimientos para deshidratar o secar:

- *Al ambiente*

- *Al ambiente con mejor aprovechamiento del calor solar (secaderos solares)*

- *Utilizando calor artificial (calentamiento de aire):*
  Cocinas a leña
  Calefactores a leña o combustibles líquidos o gaseosos
  Calefactores eléctricos

Secado al ambiente

Se utilizan las condiciones ambientales (sol y viento) para eliminar agua del producto. Para ello se debe contar con:

Cancha de secado: Ésta debe construirse lejos de caminos y apartado de focos de infección o malos olores (drenajes sanitarios, corrales, establos, etc.). Se puede construir o utilizar si existe un patio de cemento o se nivela el terreno y se construye la cancha con piedra. Esto genera un piso limpio (libre de tierra, malezas, etc.) y de fácil

limpieza. Además, y tanto el cemento como la piedra, se calientan por acción del sol y esto ayuda a mejorar el secado. El tamaño de la cancha de secado depende de la cantidad y tamaño de las bandejas que se utilicen. Como el sol, en el hemisferio sur, recorre la dirección este, norte, oeste, es conveniente buscar tal orientación para la cancha de secado.

Bandejas para el secado: Éstas pueden ser de muchas características. Una simple, de bajo costo y de fácil construcción es la que se describe en la Figura 28.

A veces se prefiere construirlas "inclinadas" con las patas más cortas puestas al norte, esto ayuda a captar el sol de modo que ninguna parte de la bandeja proyecte sombra sobre sí misma. Esto tiene el inconveniente de complicar su apilado cuando se guardan a la noche o cuando no se utilizan. Para lograr este efecto, también se pueden inclinar con dirección norte colocando suplementos en las patas contrarias.

Capacidad de las bandejas: Aproximadamente 3 kg de producto fresco cada una.

Tabla 7: Equipamiento y condiciones de operación para la deshidratación o el secado de hongos según la escala de producción (Elaboración propia y Adaptada de Rahman, S. 1995 y Van Arsdel, W.B. y col 1973)

Operación o Proceso	Escala de producción		
	Hogareña	Comercial de pequeña escala	Comercial de mediana o gran escala
Cosecha	Manual	Manual o mecanizada	Manual o mecanizada
Lavado	Manual	Pequeñas lavadoras	Lavadoras automáticas
Pelado	Manual	Manual	Manual
Cortado	Manual	Pequeñas máquinas	Máquinas automáticas
Protección al pardeamiento oxidativo	Salmuera (20 g de sal por litro de agua)	Salmuera (sí se trata de producción en línea no es necesario)	----------
Escaldado o blanqueo	Agua potable Hirviendo	Escaldadores discontinuos o continuos	Escaldadores continuos
Disposición para la deshidratación	Bandejas de madera y ¨mosquitero´ plástico sanitario	Idem hogareño o Bandejas de malla de acero inoxidable	Se utilizan secadoras continuas
Equipo de secado Capacidad Temperaturas	Al ambiente, cocinas, etc. 3 kg por bandeja Máxima 60 °C	Salas de secado 20 kg/día por m^3 Máxima 60 °C	Equipos continuos 250 a 5000 kg/h Máxima 60 °C
Envasado	Cualquier película impermeable al vapor de agua. El celofán es muy adecuado	Cualquier película impermeable al vapor de agua. El celofán es muy adecuado	Cualquier película impermeable al vapor de agua. El celofán es muy adecuado
Almacenamiento Temperatura Capacidad	Lugar fresco y oscuro Ambiente ----------	Deposito fresco y oscuro Ambiente 200 kg/m^3 útil	Deposito fresco y oscuro Ambiente 250 kg/m^3 útil

Principales ventajas

- Construcción fácil, rápida y económica. Fácil manejo.

Principales desventajas

- Las bandejas deben entrarse a la noche o en su defecto apilarlas y taparlas con lonas o plásticos durante las horas que no haya sol.

- Los tiempos de secado dependen mucho de las horas de sol, las temperaturas ambiente alcanzadas y de la velocidad del viento en contacto con las bandejas.

- Sólo pueden usarse en lugares secos, con muy baja frecuencia de lluvias.

- El secado puede durar entre 2 a 6 días, dependiendo de las condiciones ambientales y de la materia prima.

- El producto final no es de muy buena calidad debido al tiempo que se tarda en secar y a su contacto directo con la luz que muchas veces es perjudicial.

- Debe controlarse permanentemente ya que puede haber partes de la materia prima que entren en putrefacción (generalmente en aquellas de muy alto contenido de agua).

- Es necesario mover y dar vuelta periódicamente la materia prima para que el secado sea uniforme.

El producto se encuentra expuesto a la acción de pájaros, insectos, etc.

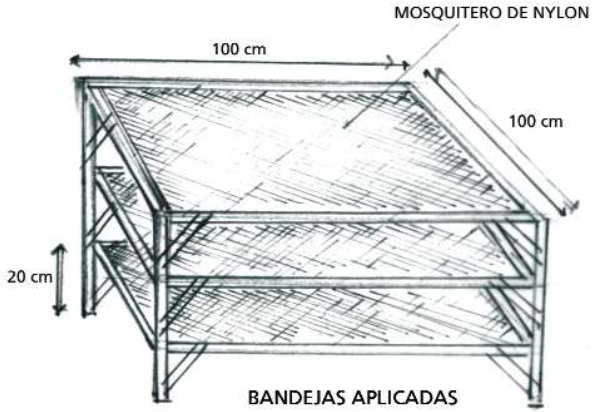


Figura 28: Bandejas para secado al ambiente (Adaptada de publicación del INTA EEA Trelew)

Secadores para mejor aprovechamiento del calor solar

Éstos aceleran bastante el secado aunque son más caros y complejos. Existen de muchos tipos y formas y de una amplia gama de sofisticación. En todos, se trata de aprovechar mejor el calor del sol y facilitar la circulación de aire a través del producto. Los más elementales son los denominados cajones negros que consisten en una caja de madera, con orificios para ventilación, pintadas de negro en su interior y con tapa de vidrio. En uno de los laterales tiene una puerta a través de la cual se coloca la bandeja de secado.

El que se describe en la Figura 29, se construye inclinado para favorecer la captación de los rayos del sol. Siempre deben colocarse, en el hemisferio sur, mirando al norte.

El tamaño es muy variable y depende de las necesidades prácticas. Su capacidad para 1 m^2 de superficie de planta es de aproximadamente 6 kg de materia prima.

Principales ventajas

- El producto no se encuentra expuesto a la acción de pájaros, insectos, etc.

- Disminuye a la mitad los tiempos de secado respecto del método anterior.

- Es de fácil manejo.

- Es de fácil y relativamente económica construcción.

- Puede usarse para secar frutas y hortalizas y para recuperar cera de abejas.

- No es necesario entrarlo a la noche, aunque conviene taparlo.

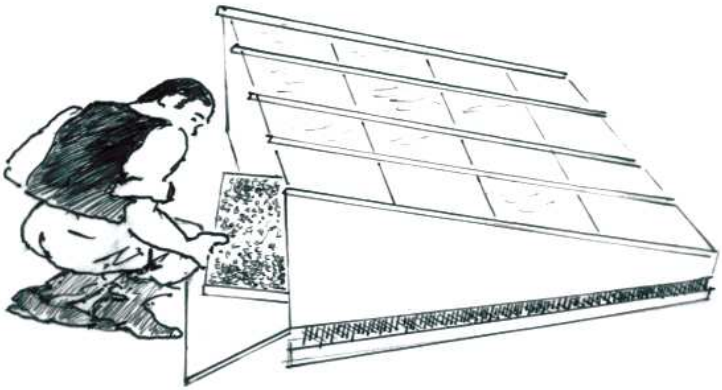


Figura 29: Secador simple con aprovechamiento del calor solar, de 1 m^2 de superficie de la base (Adaptada de Martínez Pintos, 1944)

Principales desventajas

- El producto está en contacto con la luz.

- Baja capacidad (para mucho producto hay que construir varios).

- Hay que limpiarlo y desinfectarlo periódicamente. Para desinfectarlo se puede lavar muy bien con agua de lavandina (10 cm^3 de lavandina por litro de agua).

- Hay que invertir periódicamente las bandejas (como mínimo una vez por día).

Otro dispositivo de secadero solar es el que se muestra en la Figura 30.

Capacidad: El de 1 m^3 puede contener hasta 15 kg de materia prima.

Principales ventajas

- De fácil, rápida y relativamente económica construcción.

- Tiempos de secado 3 veces menores que los de secado al ambiente.

- Mejor aprovechamiento del calor solar y mejor ventilación del producto.

- No es necesario entrarlo ni taparlo a la noche, basta con cerrar las puertas de ventilación.

- El producto de noche no se enfría mucho, ya que la piedra acumula calor durante el día.

- El producto se encuentra protegido de la luz y la acción de insectos, pájaros, etc.

Principales desventajas

- Relativamente baja capacidad (para gran cantidad de producto hay que construir varios).

- Hay que invertir las bandejas por lo menos una vez por día.

- Si no está bien construido puede tener filtraciones de aire húmedo del ambiente, rocío, etc.

- Es necesario limpiarlo y desinfectarlo periódicamente, y para ello hay que sacar la piedra.

a)

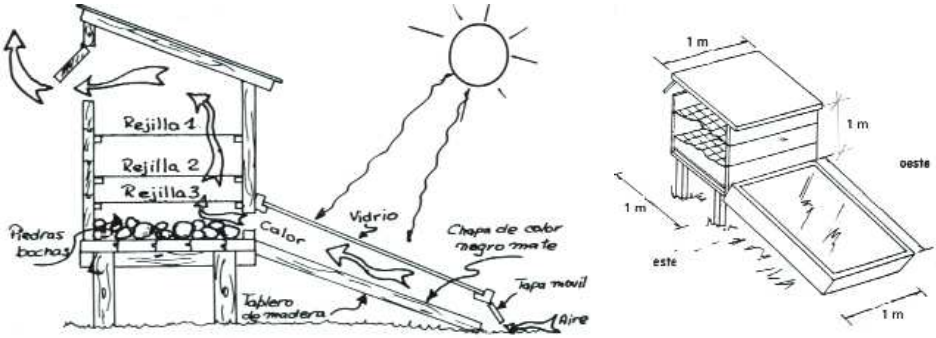


Figura 30: a.- Secador con aprovechamiento del calor solar y acumulador de calor (Adaptado de Zuppi, J.C. 1989

b)

Figura 30: b.- Secadero con aprovechamiento de calor solar (Gentileza Cervecería El Bolsón - El Bolsón - Río Negro)

Otra versión de este último sistema (Figura 31), que resuelve algunos inconvenientes prácticos de manejo, mayor velocidad de circulación del aire y de limpieza (la piedra va cubierta). Se construye con chimenea para circulación del aire. Cambiando la longitud de la chimenea se puede regular la velocidad del aire. Por ejemplo, a la mañana temprano que la temperatura no es muy alta se trabaja con chimenea corta y sobre el mediodía que la temperatura ambiente sube se agrega más longitud de cañería y se aumenta la velocidad de circulación del aire dentro del secadero. Capacidad: 3,5 kg de materia prima.

Figura 31: Secador con aprovechamiento del calor solar y acumulador de calor, de fácil limpieza y con circulación de aire forzada por chimenea (Adaptado de Serrano Rodríguez, 1993)

Utilización de calor artificial

En muchos hogares rurales o semi rurales se utilizan cocinas y calefactores a leña o a combustibles líquidos a diario principalmente en épocas en que se cuenta con muy pocas horas de sol y las temperaturas ambientes son muy bajas. Estos medios de calefacción pueden aprovecharse fabricando sistemas sencillos para el mejor aprovechamiento del calor.

Los sistemas más elementales consisten en los denominados "collares" con hilos y bandejas que se "cuelgan" sobre las cocinas y los calefactores aprovechando la corriente natural ascendente de aire caliente (Figura 32). Estos métodos están ampliamente difundidos y son efectivos si se tienen en cuenta sencillos aspectos de manejo. Capacidad: 3 kg por m^2 de bandeja.

Principales ventajas

- De muy fácil y económica construcción.

- Su utilización resulta muy sencilla.

Principales desventajas

- Baja capacidad de producto.

- Contacto directo y permanente con las condiciones ambientes, principalmente en las cocinas.

- Secado y humectado permanentemente, si no se retira la bandeja cuando se está cocinando.

- Contacto directo con todos los humos y vapores que genera la cocina durante la cocción de alimentos.

- Contacto directo del producto con la luz ambiente.

a)

b)

Figura 32: Secado de hongos en collares con hilos y en bandejas (Collares: Gentileza Sra. María Cristina Esteban; Bandejas: Gentileza Sta. Patricia Rivero y Sra. Eva Velásquez. El Bolsón - Río Negro)

Una posibilidad muy práctica para mejorar algunos de los problemas del sistema anterior consiste en la construcción de "**hornitos**" como el que se indica la Figura 33.

Este hornito debe construirse con la superficie de la base igual a la del medio calefactor (cocina, etc.). Las patas deben ser metálicas y poseer una altura mínima de 15 cm. El cajón, los estantes y las bandejas pueden construirse de madera liviana de álamo, aunque por razones de seguridad convendría que sea metálico. El fondo del cajón debe ser de chapa metálica perforada. Este dispositivo puede utilizarse también con otras fuentes de calor, como por ejemplo estufas eléctricas a cuarzo con o sin ventilación.

En fin, la fuente de calor puede ser de cualquier origen, teniendo en cuenta siempre que lo único que puede estar en contacto con el producto es el aire caliente, es decir, hay que evitar exponer el producto a los gases de combustión del combustible que se utilice.

Capacidad: Depende del tamaño de la fuente de calefacción. Para cocinas a leña de tamaño mediano se pueden considerar unos 6 - 7 kg de capacidad.

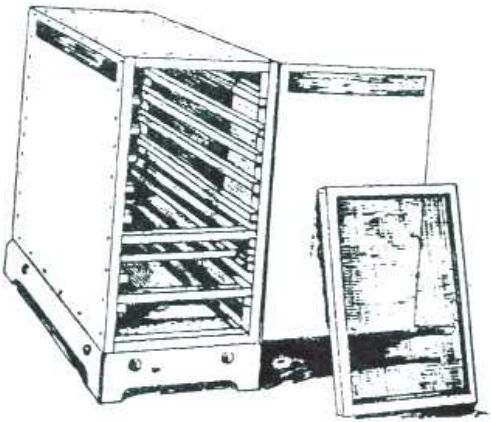


Figura 33: Secador con aprovechamiento del calor de cocinas a leña o calefactores de aire (Adaptada de Martínez Pintos, 1944)

Principales ventajas

- Aprovecha muy bien el calor que genera la cocina o el calefactor.

- Es portátil.

- Se retira cuando se cocinan alimentos.

- Puede usarse con cualquier fuente de calefacción de aire.

- Tiene buena capacidad.

- El tiempo de secado se reduce mucho.

- El producto no está en contacto con la luz y las condiciones ambientes desfavorables.

Principales desventajas

- Puede resultar un poco pesado para que lo maneje una sola persona.

- Si se construye de madera la parte superior puede deformarse ya que se somete permanentemente a condiciones térmicas extremas.

- Es necesario invertir las bandejas por lo menos dos veces al día (las de arriba abajo y las de abajo arriba).

- Si se dispone en el hogar de alguna pequeña habitación que no se utilice, se puede construir un secadero de alta capacidad con inversiones relativamente bajas (salas de secado).

Salas de secado

Acondicionamiento de la sala de secado: Si la misma es de mampos-

tería la adaptación resulta muy fácil ya que sólo es necesario cubrir las ventanas con poliestireno expandido, de 30 kg/m^3, en planchas, colocar un marco con tela mosquitero en la puerta, pintar las paredes con pintura "al aceite" y realizar ventilaciones "inferiores" como indica la Figura 34 (siempre en las paredes más largas y enfrentadas) usando caños de chapa o plástico de 10 cm de diámetro (un par cada 10 m^3 de volumen. Para una habitación de 3 x 3 x 2,4 m debe llevar dos pares), las chimeneas inferiores son necesarias cuando el mezclado del aire interior de la sala de secado no es eficiente. Si el mezclado es bueno la chimenea puede ser superior.

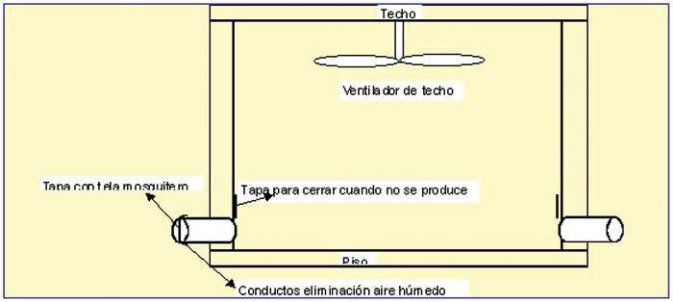


Figura 34: Detalles de construcción de una sala para secado

Si la habitación es grande (más de 4 m^2 de superficie) es conveniente colocar un ventilador para aumentar la velocidad del aire y que la temperatura interna del secadero sea más uniforme. Se pueden emplear los ventiladores de techo hogareños, de velocidad regulable que resultan de bajo costo y de fácil instalación.

Calefacción del aire de la sala: La calefacción puede hacerse con equipos dentro de la sala de secado o con equipos fuera de la misma. La elección del sistema depende del grado de inversión que se desee o se pueda realizar. En el procesamiento hogareño difícilmente convenga usar equipos de calefacción fuera de la sala ya que son de muy alta capacidad y por ende más caros. Siempre hay que evitar el con-

tacto del producto con gases y humo de la combustión, por ello es importante que el medio calefactor produzca la menor contaminación posible. Es poco deseable contar con elementos combustibles dentro de la sala, como la leña, ya que además de generar humo, cuando se alimenta el calefactor puede haber contaminación con ceniza, etc.

Calefacción a leña: conviene que el calefactor sea grande y de combustión lenta ya que su mantenimiento es menor. Para esto se pueden colocar "salamandras" de distinto tamaño, dependiendo del volumen de la sala. Siempre el calefactor se instala en el centro de la sala, ya que buena parte del calor se "irradia". La chimenea tendrá tiraje al exterior y deberá estar muy bien construida. El encendido debe hacerse preferentemente con alcohol de quemar, ya que establece el tiraje muy rápidamente y se evita así humo en el interior de la sala. También, debería permitir una carga de leña para todo el proceso para no contaminar con cenizas, etc.

Calefacción con combustibles líquidos: En estos casos, estufas a kerosene, gasoil, etc. El depósito de combustible debe estar en el exterior y el calefactor puede colocarse sobre una pared lateral o en un rincón. Las estufas o calefactores deben ser de tiro balanceado o similar, es decir, no se debe incorporar gases de combustión dentro de la sala de secado.

Calefacción a gas: de contar con gas natural, de otro modo puede resultar muy caro, se puede colocar calefactores a gas de tiro balanceado vertical o de tiro natural, también se puede instalar sobre una pared o un rincón, y debe construirse la chimenea correspondiente. Hay calefactores a gas con turbina incluida para mejorar la eficiencia térmica. Estos son los mejores y si se instala uno de ellos hay que colocar, además del caño para el gas, instalación eléctrica. La disposición general de estos sistemas se puede esquematizar como se indica en la Figura 35.

El producto a secar se dispone en bandejas similares a las indicadas para secado al ambiente y las mismas se colocan alrededor del calefactor dejando por lo menos 40 cm de distancia, cuando este es de leña, para evitar cocción y/o quemado de la materia prima. La capacidad de secado de estos secadores depende del tamaño de la sala, de la temperatura que se puede alcanzar en el aire y de si hay o no hay ventilador de techo instalado. El más difícil de acotar es el de calefacción a leña ya que es muy complicado saber cuántas calorías aporta para calentar el aire.

Si el calefactor es a combustible líquido o a gas debería instalarse *650 Kcal / hora por cada m^3* de sala. Es decir, que para una sala de *3 x 3 x 2.40 m habría que instalar un calefactor de 12.000 Kcal/ hora.*

a)

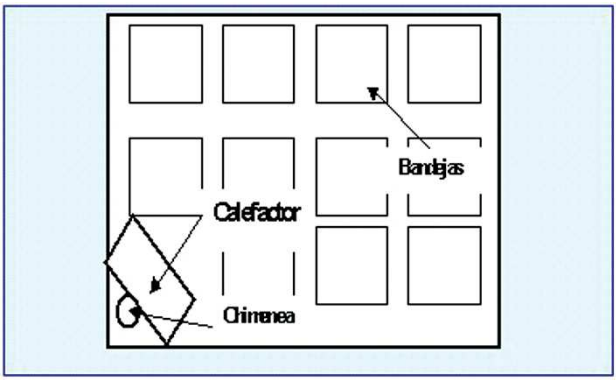


Figura 35: a. Esquema de una sala de secado con calefactor a gas en su interior

b)

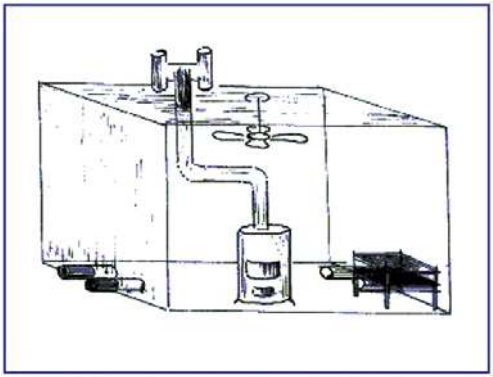


Figura 35: b. Esquema de una sala de secado con calefactor a leña en su interior

Las bandejas deben construirse de acuerdo al tamaño y a la disposición de la sala de secado teniendo en cuenta el lugar que ocupa el calefactor, y los espacios para entrar, salir y moverse dentro del secadero. Para el tamaño de sala indicado se pueden construir de igual modo que los indicados para secado al ambiente y de una *altura total por bandeja de 15 cm*.

Con estas bandejas el calefactor, de 12.000 Kcal/hora y la sala de 3 x 3 x 2.40 m se puede secar alrededor de 200 Kg de materia prima por día

Si se tiene en cuenta la capacidad de secado podría usarse, también, para producción comercial de pequeña escala.

Equipamiento comercial de pequeña escala

Se puede distinguir entre tres tipos de secaderos:

- Estáticos con calefacción dentro de la sala de secado. Construcción fija

- Estáticos con calefacción fuera de la sala de secado, fijo y/o portátil

- Secaderos continuos

Estáticos con calefacción dentro de la sala de secado. Construcción fija

Dentro del primer tipo se encuentra el último indicado en equipamiento hogareño, puede ser de mayor tamaño dependiendo de las necesidades diarias de secado. Estos tipos de secaderos son los más baratos desde el punto de vista de la inversión fija, y la mayor limitante es la capacidad de secado ya que los calefactores que pueden usarse son de relativa baja capacidad. Los tiempos de secado son relativamente altos y por ende la calidad de producto seco no es la mejor. No se recomienda este tipo de instalación para producciones más o menos grandes.

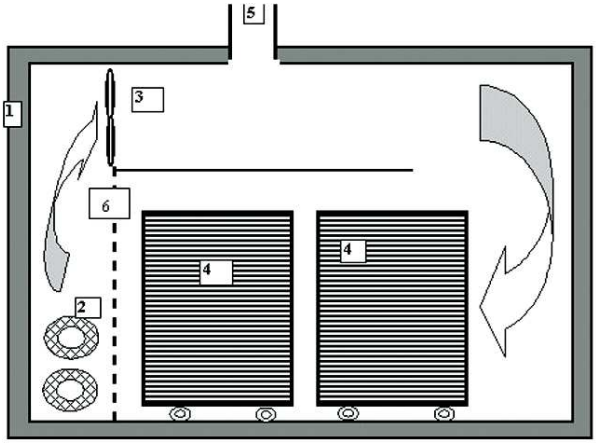
Otro tipo, más eficiente para altas producciones es el que se muestra en la Figura 36 (a). Este se puede construir utilizando calefactores tubulares en el interior de la sala. Los calefactores tubulares pueden ser directos o indirectos. Los directos envían al interior de la sala de secado el aire calefaccionado más los gases de combustión. Si funcionarán a gas natural existen legislaciones que los permiten aún para producciones orgánicas. Si no es conveniente o no se desea enviar gases de combustión dentro de la sala de secado, se deberían instalar los indirectos, es decir que sólo envían al interior de la sala de secado aire calefaccionado y los gases de combustión se ventean mediante chimenea al exterior. Lógicamente para el mismo tamaño de quemador los indirectos son más eficientes desde el punto de vista del consumo de combustible. En la Figura 36(b) se presenta un calefactor tubular típico. La capacidad de estos calefactores puede ser muy variable y depende de la empresa que los construye. Para el

de la Figura 36(b), las capacidades caloríficas y de movimiento de aire se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8: Capacidades de calefactores tubulares indirectos (Adaptado de la pagina web: www.econaire.com)

Modelo	Capacidad térmica (kcal/h)	Capacidad volumétrica de movimiento de aire (m^3/h)
G24IT	24.000	1.800
G50IT	50.000	3.600
G100IT	100.000	7.200
G150IT	150.000	10.800

a)



1. *Gabinete fijo aislado de paneles o de mampostería;* ***2.*** *Calefactores y toma de aire fresco;* ***3.*** *Ventiladores impulsores de aire;* ***4.*** *Carros porta bandejas;* ***5.*** *Chimenea evacuación aire húmedo;* ***6.*** *Malla de alambre de reticulado pequeño*

b)

Figura 36: Esquema de secadero estático con calefacción a gas dentro de la sala de secado (a). Calefactor tubular indirecto (Adaptado de la pagina web: www.econaire.com)

En este tipo de salas de secado, hay que tomar precauciones antiincendios ya que el calefactor funciona dentro de la misma. Una forma práctica para prevenirlo es colocando mallas de alambre de reticulado pequeño, como se puede ver en la Figura 36(a).

Estático con calefacción fuera de la sala de secado. Construcción fija

Probablemente éste sea el más versátil de los secadores, ya que en él se puede procesar cualquier producto (hongos, frutas, hortalizas, etc.). La capacidad térmica es prácticamente ilimitada debido a que existen calefactores de muy alta capacidad. En este caso el calefactor es externo a la sala de secado y en la construcción del mismo es necesario proveer un conducto por donde entra el aire caliente a la sala de secado (tronera). En general constan al menos de dos partes, la sala de secado y una sala contigua donde se instala el calentador de aire. *El tamaño de la sala de secado y de la contigua depende de la cantidad de producto a secar por día y del tamaño y condiciones de operación del calefactor de aire*.

El aprovechamiento volumétrico de la sala de secado es de aproximadamente el 50 - 60% del volumen total, para salas de mampostería, y del 70 - 80% para cámaras modulares de bandejas. La carga por metro cúbico útil de sala es de alrededor de 20 Kg de materia prima. Sobre ésta base se puede conocer el tamaño de la siguiente manera:

Volumen útil sala: **Vu = (Kg/día de materia prima) / (20 Kg/m^3)**

Volumen real de la sala de secado: **Vr = Vu/0.55**

Por ejemplo si se desea sacar 400 Kg/día de materia prima

Vu = 400 Kg / 20 Kg/m^3 = 20 m^3

Vr = 20 m^3 / 0.55 = 36.36 m^3

Como en general la altura máxima, para movimiento manual, no excede los 2.40 metros, y es necesario dejar pasillos para circulación y movimiento de personas y producto, el tamaño de la sala se puede estimar de la siguiente manera:

Tamaño de la bandeja: 0.15 x 1 x 1m

Cantidad de bandejas por m^3 útil: 6.7

Pasillo longitudinal de 1 metro de ancho

Pilas de bandejas hasta 2.10 metros de altura

Ancho de la sala de secado 3 metros útiles

Entonces, las medidas interiores se pueden obtener:

Vr = largo x ancho x altura

Vr = largo x 3 m x 2.40 m = 36.36 m^3

largo = 36.36 m^3 / (3 m x 2.40 m) = 5.05 m

Medidas interiores: 5 x 3 x 2.40 m

La disposición que se indica en la Figura 37.

Esta disposición permite, en caso de emergencia, colocar cuatro pilas más de bandejas en el pasillo central con lo cual la capacidad de secado se podría incrementar en unos 150 Kg más, aunque no es conveniente ya que en este caso no se podrían mover las bandejas para asegurar un secado uniforme.

Las paredes, piso y techo de estos secaderos deberían llevar aislamiento térmico a los efectos de disminuir las pérdidas de calor. Si bien el aislamiento puede resultar de alto costo a la larga se amortiza bien. Si se decide por el aislamiento térmico de la sala de secado, se puede optar por placas de poliestireno expandido de alta densidad y de 5 cm de espesor.

La puerta de estos secaderos tiene mucha importancia ya que además de producir fugas de aire caliente puede permitir el ingreso de insectos, etc., y por eso debe ser de buena calidad con cierre lo más hermético posible y debe contar con puerta mosquitero.

La forma y tamaño de la tronera depende del equipo calefactor de aire, por ello cuando se construye la sala de secado debe previamente definirse el calefactor.

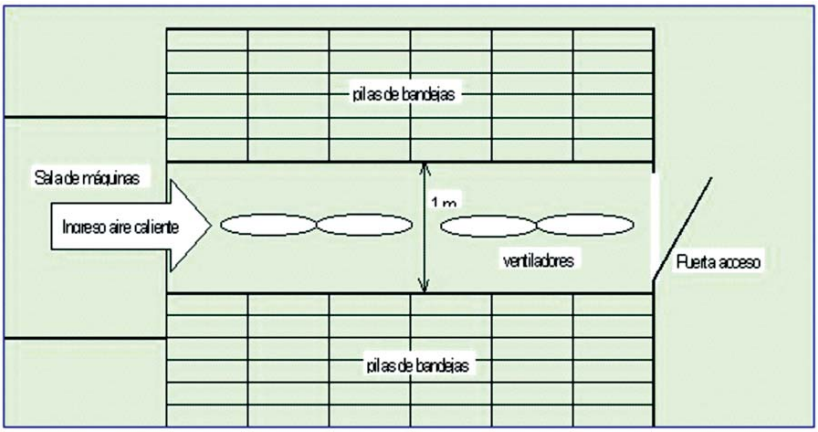


Figura 37: Disposición típica de una sala de secado

El calefactor debe seleccionarse teniendo en cuenta la cantidad de calor que hace falta para secar el producto. En este sentido y a los efectos de realizar un cálculo aproximado, se puede tomar como valor orientativo, que es necesario instalar alrededor de *2.000 Kcal por cada Kg de agua a evaporar*, se contemplan en este valor las pérdidas propias del secadero.

La cantidad de agua a evaporar se puede obtener de tablas para cada materia prima. Por ejemplo para deshidratar 1 Kg de hongos *Suillus luteus* hay que evaporar 0.945 Kg de agua; para 1 Kg de hongos *Morchella* (hongo del ciprés) 0.889 Kg de agua; etc. (Ver Tabla 9).

Como se observa, cada producto tiene un requerimiento particular de calor. De los ejemplos se ve que el *Suillus* (hongo de pino) es el que más calor necesita. La capacidad del calefactor siempre debe calcularse sobre la base de la materia prima más exigente: en este caso el hongo de pino o *Suillus luteus*.

Cálculo de la capacidad del calefactor

Cantidad a secar por día: 400 Kg de hongos de pino (Suillus)

Cantidad de calor por Kg de agua a evaporar: **2.000 Kcal**

Cantidad de agua a evaporar:
400 Kg x 0.945 (de Tabla 9) = 378 Kg agua

Cantidad calor/día:
378 Kg agua x 2.000 Kcal/Kg agua = 756.000 Kcal

La cantidad de 756.000 Kcal es el calor total necesario para secar 400 Kg de hongos de pino. Para finalmente saber la capacidad del calefactor hay que precisar en cuántas horas del día se desea realizar el secado. Cuando más rápido se quiera secar, de mayor capacidad será el calefactor de aire. **Si se decide por un ciclo de secado de 12 horas por día:**

Capacidad del calefactor: **756.000 Kcal/12 horas; 63.000 Kcal/hora**
Es decir, que hace falta instalar un calefactor de **63.000 Kcal/hora**

En la selección del calefactor es muy importante optar también por aquellos que sean automáticos. Es decir, que se encienden o se apagan en función de la temperatura de la sala de secado. Esto es importante ya que dentro de la sala nunca puede superarse los 60 °C porque sino comienza la cocción del producto. *La temperatura óptima de secado es función de cada materia prima, pero se insiste: nunca debe superar los 60 °C (con excepción de algunos productos que permiten en las etapas iniciales del secado trabajar con temperaturas más altas).*

Otro aspecto es la cantidad y la velocidad del aire que calienta el calefactor. Se prefieren aquellos que tengan circulación forzada de aire y posibilidad de regular el caudal del mismo (es una forma de modificar la temperatura dentro de la sala de secado y el tiempo total del proceso). La sala de máquinas (donde se coloca el calefactor de aire) es contigua al secadero y siempre hay que instalar una chimenea para ventear los gases de combustión. Un esquema típico se muestra en la Figura 37. Y su tamaño depende del tamaño del calentador y el espacio necesario para su mantenimiento y reparación. El depósito de combustible, si no fuese gas natural, siempre es exterior a la sala de máquinas y a la sala de secado.

Resumiendo las características de este secadero:

Paredes, piso y techo: de mampostería

Medidas interiores: 5 x 3 x 2.40 m

Capacidad ideal: 400 Kg de producto fresco / día

Capacidad máxima: 550 Kg

Número de bandejas: 140 carga ideal; 190 carga máxima

Medidas bandeja: 1 x 1 x 0.15 m

Tipo de bandeja: patas y bastidores de madera con tela "mosquitero" plástica sanitaria o de acero inoxidable

Capacidad del calefactor de aire:
63.000 Kcal/hora con carga ideal;
86.625 Kcal/hora con carga máxima

Tipo de calefactor: con quemador de combustible líquido o gas natural, automático y con impulsor de aire.

En la Figura 38 se presenta un tipo de calefactor a gas natural, automático. Estos se construyen de muy variadas potencias de calefacción, en la misma Figura 38 se presentan las capacidades de un equipo de baja potencia y otro de alta capacidad de calefacción.

a)

b)

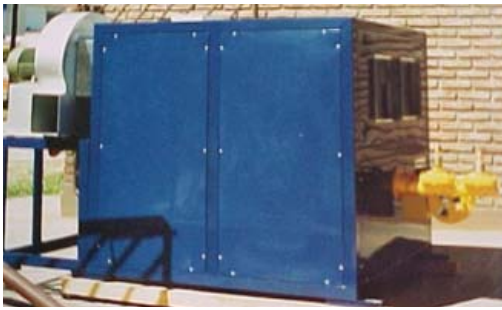


Figura 38: Calefactor a gas natural automático: a) Capacidades: 15.000; 20.000; 25.000 y 30.000 Kcal/hora (Adaptado de la pagina web: www.goldpoint.com.ar); b) Capacidades 150.000; 200.000; 300.000 Kcal/hora y más (Adaptado de Climatización Marplatense srl. Mar del Plata - Argentina)

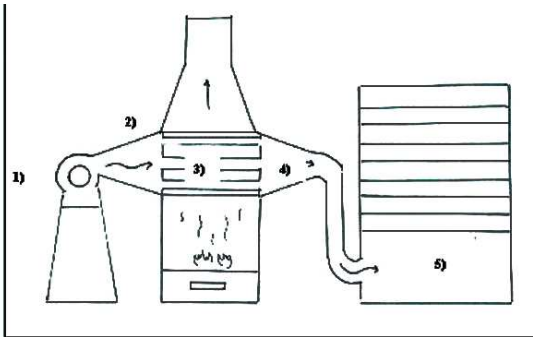
Calefacción fuera de la sala de secado, portátil

A veces por razones de estacionalidad o de la distancia entre un lugar y otro conviene construir un secadero estático con calefacción fuera de la sala de secado que pueda ser transportado con facilidad. En ese sentido se ha desarrollado un secadero de costo relativamente bajo, compacto y fácil de transportar. La única limitación es que debe instalarse en lugares que tengan energía eléctrica o algún motor a explosión para hacer funcionar el ventilador.

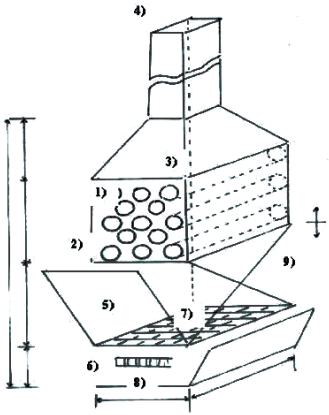
El mismo consta de dos partes: Calefactor de aire y Cámara de Secado. El calefactor de aire se ha diseñado de modo tal que pueda utilizarse como combustible desde residuos forestales hasta combustibles gaseosos. Cuando se utilizan residuos forestales o leña no es necesario agregarle ningún aditamento. Cuando se utiliza otro tipo

de combustible hay que adicionarle a la cámara de combustión un quemador adecuado al combustible que se utilice. Por ejemplo si se utiliza gas natural se puede, con pequeñas modificaciones de la puerta de la cámara de combustión colocar un quemador tubular.

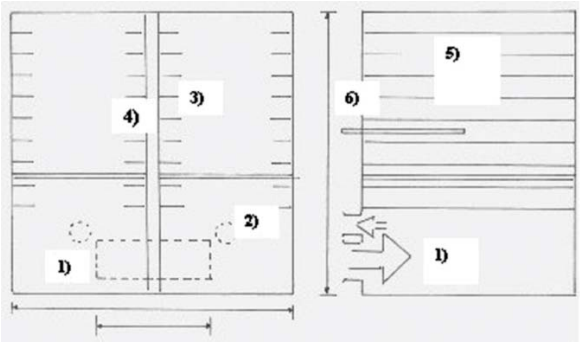
En la Figura 39 se esquematiza la instalación con los detalles de la cámara de combustión.



1) Ventilador centrífugo. Caudal: 5 m^3 / minuto. 2) Embudo conexión con paquete de tubos. 3) Paquete de tubos. 4) Embudo conexión con cámara secado. 5) Cámara de secado



1) Tubos de hierro fundido, 3 mm espesor, 100 mm. 2) Paquete de tubos removibles para limpieza. 3) Campana evacuación humos de la combustión. 4) Chimenea. 5) Puerta acceso cámara combustión (leña). 6) Puerta acceso cenicero. 7) Rejilla interior cenicero. 8) Regulación de tiraje 9) Laterales fijos. Material: Chapa N° 18



1) Entrada Aire caliente. 2) Salida aire húmedo. 3) Estante porta bandeja. 4) Puertas cámara secado. 5) Bandejas 0.73 x 1 m con malla 1 cm^2. 6) Termómetro con vástago 0.50 m (pirómetro de 0 a 100 °C)

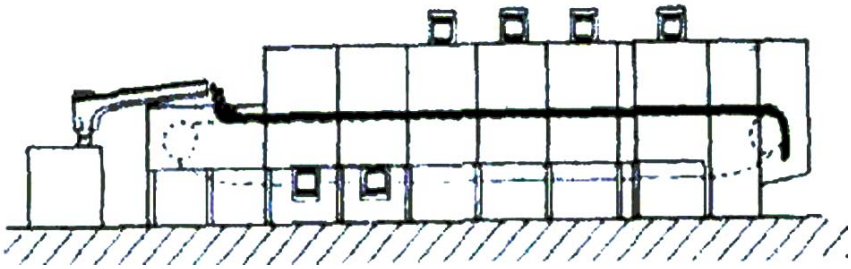
Figura 39: Un diseño práctico de un secadero portátil (diseño del autor, construido por la empresa Forestandina de El Bolsón con asesoramiento de los Ings. Perez Castelli, L. A. y Ciarlo F.)

Este secadero portátil posee una capacidad de 50 a 80 Kg de producto fresco, con tiempos de secado para hongos de pino (*Suillus luteus*) o Pleurotus cortados en fetas de 1 cm de espesor de unas 8 hs, para hongos de Ciprés (*Morchella*) de tamaño mediano (4 - 6 cm) el tiempo de secado es de unas 10 horas.

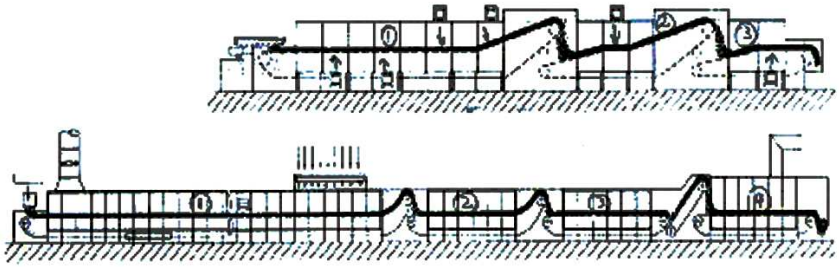
Secaderos Continuos

A los efectos de proveer una idea de este tipo de secaderos, en la Figura 40 se incluyen esquemas de secaderos continuos. Estos son de muy alta capacidad y solamente se justifican para muy grandes producciones. Se construyen de diversos tipos, materiales y capacidades, los más chicos pueden procesar unos 250 Kg de materia prima por hora y los más grandes unos 5000 Kg / h de producto fresco. En general, éstos son parte de las líneas automáticas de proceso que se utilizan para procesar grandes volúmenes durante por lo menos 9 meses del año. Constan básicamente de una cinta transportadora que se mueve dentro de gabinetes de poca altura y relativamente largos. Pueden ser de: *a) Una etapa simple. b) Varias etapas simples (3 o 4 etapas). c) De cinta múltiple de 2 o 3 pasos*.

a)



b)



c)

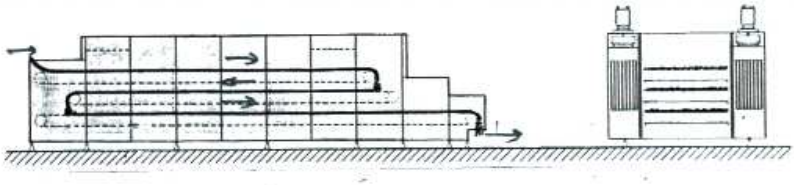
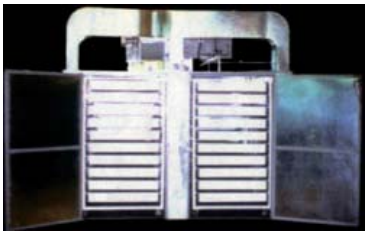


Figura 40: Esquemas de secaderos continuos (Adaptada de Van Arsdel y col, 1973)

Por último en la Figura 41 se presentan algunos secaderos comerciales

a)



Hongos secándose (gentileza Cámara de Productores de hongos de la Patagonia. Neuquén - Alto Valle Río Negro)

Características Técnicas:

-Cantidad de bandejas por rack: 18

-Dimensión de cada bandeja: 1 x 2 m

-Superficie de secado total: 72 m2

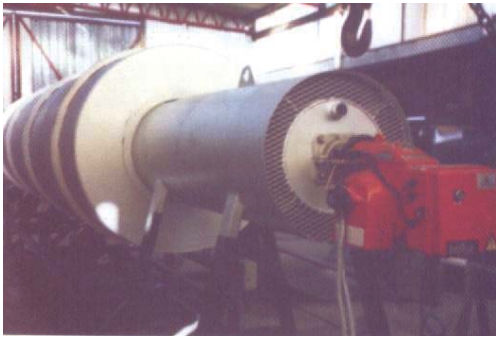
-Producción aproximada: 210 Kg de fresco/día

-Potencia eléctrica instalada: 3 HP

-Capacidad calorífica del quemador: 120.000 cal/h

b)

c)



d)

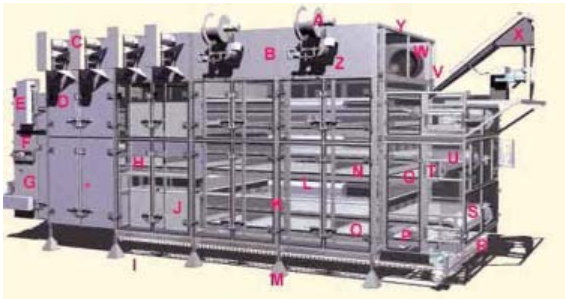


Figura 41: Algunos secaderos comerciales. a) *de Gabinete (de la Empresa italiana Essicato y de la Empresa Econaire. Bs. As.);* ***b)*** *de Bandeja Fija (Gentileza de la Empresa Rosa Patagónica srl. Lago Puelo - Chubut);* ***c)*** *Rotatorio discontinuo o continuo (Gentileza de la Empresa Moinco srl. Córdoba - Argentina);* ***d)*** *Continuo de lecho fijo (de la pagina web: www.wenguer.com)*

La elección del tipo de secadero depende del tipo de producto a secar y de la capacidad de secado que se requiere. El análisis de cuál es el más conveniente debe hacerse para cada caso particular

Balance de calor y materia en un secadero. Nociones para la estimación del consumo de combustible

Siempre en la industria elaboradora es importante el cálculo económico para la estimación de los costos de producción. Para ello es necesario conocer una serie de valores que hacen a la economía de una línea de producción, como los rendimientos, la energía consumida, etc. A los efectos de facilitar la comprensión se presentará un ejemplo:

Una planta procesadora de hongos deshidratados enteros posee un secadero para obtener 50 kg/h de producto deshidratado. La materia prima ingresa al secadero, ya acondicionada a una temperatura de 27 °C y 82 % de humedad en base húmeda, y sale del mismo a 43 °C y con la humedad correspondiente a un Aw de 0,70 a 30 °C.

El aire ambiente a 30 °C posee una humedad relativa del 80 % y se calienta, antes de entrar al secadero, hasta 100 °C. El aire sale del secadero a 45 °C y 50 % de humedad relativa.

La línea del proceso cuenta con las siguientes operaciones previas al deshidratado y rendimientos promedio según:

Operación	Rendimiento en %
Separación de impurezas	95,5
Sulfitado en húmedo	
Lavado final	

Calcular:
- Qué cantidad de materia prima debe ingresar a la planta
- Qué rendimiento total se obtiene expresado en kg de producto deshidratado por cada 100 kg de materia prima
- Con cuanta cantidad de aire hay que alimentar al secadero
- Cuanto calor se le debe entregar al aire
- Si el combustible utilizado es gas oil que entrega 10.000 Kcalllitro, con un rendimiento del quemador de 75 %, cuál será el caudal de gas oil necesario
- El rendimiento calórico

Qué cantidad de materia prima debe ingresar a la planta

a1) Cantidad de materia prima que debe ingresar al secadero: Esquemáticamente:

Como se ve en el esquema no se conoce la cantidad de materia prima que debe ingresar al secadero (MPd) y tampoco la humedad final del producto deshidratado (Xpf), pero se sabe que debe salir con una humedad de equilibrio a 30 °C correspondiente a un Aw de 0,7.

De la Tabla 6, se obtiene por interpolación que a 30 °C y Aw = 0.7, Xpf = 15 %.

Ahora sólo queda como incógnita MPd. Efectuando un balance de sólido seco en el secadero entre la entrada y la salida:

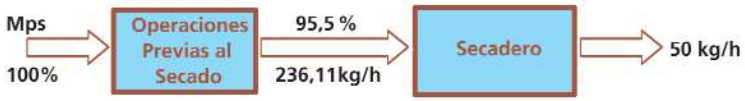
MPd x (100 - Xpi) = 50 kg/h x (100 - Xpf)

MPd x (100 - 82) = 50 x (100 - 15)

MPd = 236,11 kg/h, de hongo fresco deben ingresar al secadero

En la línea hay pérdidas diversas que deben evaluarse para conocer la cantidad de materia prima que debe ingresar a la planta.

a2) Cantidad de materia prima que debe ingresar a la planta:



Mediante un balance de materia, sobre las etapas de tratamiento previo:

Mps x 95,5 = 236,11 x 100

Mps = 247,24 kg/h deben ingresar a la etapa preparación previa

Es decir que a la planta elaboradora deben entrar: **MP = 247,24 kg/h**

¿Qué rendimiento total se obtiene expresado en kg de producto deshidratado por cada 100 kg de materia prima?

R = (50 / 247,24) x 100 = 16,18 %

Es habitual en plantas elaboradoras expresar el rendimiento en kg de materia prima por cada kg de producto deshidratado.

En este caso: 6,18 a 1, es decir, hacen falta 6,18 kg de materia prima para obtener 1 kg de producto deshidratado.

b.- Qué cantidad de aire hay que alimentar al secadero

Ga: caudal másico de aire; Tai y Taf: temperaturas de entrada y salida del aire; Xai y Xaf: humedades de entrada y salida del aire; Qai y Qaf: calores totales del aire a la entrada y a la salida respectivamente.

Balance de materiales en el secadero para calcular la cantidad de aire que debe ingresar al secadero:

Ga x Xai + Gp x Xpi = Ga x Xaf + Gp x Xpf

Ga = Gp x (Xpf - Xpi) / (Xai - Xaf)

Gp = 50 kg/h = 34,15 kg sólido seco/h o Gp = 236,11 kg/h de hongo fresco
Xpi = 82 % = 4,555 kg agua/kg sólido seco
Xpf = 15 % = 0,1765 kg agua/kg sólido seco
Xai = 80 % = 0,021 kg agua/kg aire seco (se obtiene de un diagrama psicrométrico, que relaciona los parámetros del aire en distintas condiciones)
Xaf = 50 % = 0,031 kg agua/kg aire seco (se obtiene de un diagrama psicrométrico, que relaciona los parámetros del aire en distintas condiciones)

Reemplazando valores se obtiene:

Ga = 34,15 x (0,1765 - 4,555) / (0,021 - 0,031) = 15.106 kg aire seco/h

Hay que ingresar al secadero 15.106 kg de aire seco por hora.

c.- Qué cantidad de calor se le debe entregar al aire

En este punto es necesario evaluar tres contenidos de calor:

c_1. Cantidad de calor que trae consigo el aire ambiente

Qaire fresco = Cpas x Taire + (Lw + Cpva x Taire) x Xai

Cpas: calor específico del aire seco que se considerará constante = 1,008 kJ/k gas °C
Cpva: calor específico del vapor de agua que se considerará constante = 1,883 kJ/kg agua °C
Lw: calor de evaporación del agua a 0 °C = 2.490 kJ/kg (se tomó como temperatura de referencia para evaluar los Q 0 °C)

Qaire fresco = 1,008 x 30 + (2.490 + 1,883 x 30) x 0,021 = 83,72 kJ/kg

c_2.- Cantidad de calor necesaria para calentar el aire desde 30 hasta 100 °C

Qai = Cpas x Tai + (Lw + Cpva x Tai) x Xai

Qai = 1,008 x 100 + (2.490 + 1,883 x 100) x 0,021 = 157,04 kJ/k gas

c_3.- Cantidad de calor que se lleva el aire a la salida del secadero

Qaf = Cpas x Taf + (Lw + Cpva x Taf) x Xaf

Qaf = 1,008 x 45 + (2.490 + 1,883 x 45) x 0,031 = 125,18 kJ/k gas

Entonces la cantidad de calor que hay que entregarle al aire para llevarlo de 30 a 100 °C será:

Q = (Qai - Qaire fresco) x Ga = (157,04 - 83,72) x 15.106 = 1.107.571,90 kJ/h ó **Q = 264.716,03 Kcal/h**

Cantidad de gas oil necesario

Un litro de gas oil entrega 10.000 kcal, con un rendimiento del quemador del 75 %, entonces al aire le entrega 10.000 x 0,75 = 7.500 kcal/litro.

Litros de gas oil = Q / 7.500 = 264.716,03 / 7500
= 35,3 litros/h de gas oil

Es interesante evaluar la cantidad de calor que se pierde con el aire a la salida del secadero:

Qperdido aire salida = (Qaf - Qaire fresco) x Ga = (125,18 - 83,72) x 15.106 = 626.294,8 kJ/h = 149.688 Kcal/h

Si se compara este valor con el calor entregado al aire para calentarlo desde 30 hasta 100 °C, corresponde a un 56, 5 % del mismo, es decir que del calor entregado solo se aprovecha para secar el producto un 43,5 %. Esto es importante ya que en las etapas medias y finales del secado se puede reciclar parte del aire caliente que sale del secadero para aumentar la eficiencia térmica que suele ser relativamente baja.

Resumiendo:

- Materia prima que debe ingresar a la planta: 247,24 kg/h
- Producto obtenido: 50 kg/h
- Rendimiento: 16,18 % o 6,18 a 1

- Caudal másico de aire que debe ingresar al secadero: 15.106 kg aire seco/h
- Cantidad de calor que hay que entregarle al aire: 264.716,03 Kcal/h
- Consumo de combustible: 35,3 litros/h
- Rendimiento térmico: 43,45 %

Deshidratación y secado hogareño o comercial de pequeña escala. Diagrama general de trabajos para la deshidratación de hongos, frutas y hortalizas

En la Figura 42a se presenta un diagrama simplificado con los pasos a seguir para la deshidratación de hongos, frutas y hortalizas.

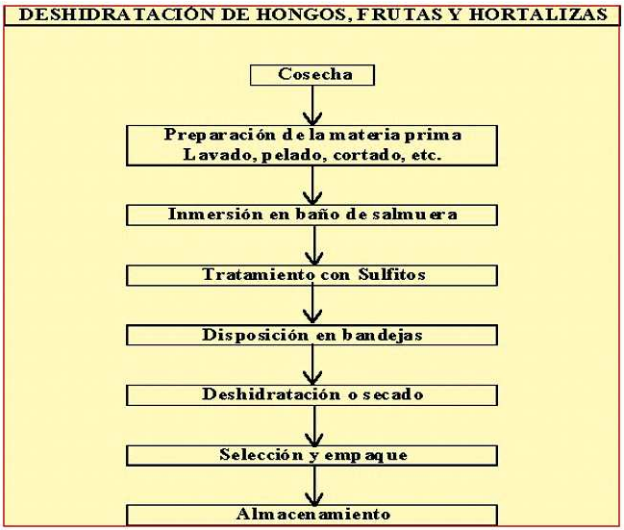


Figura 42a: Diagrama general de tareas para la deshidratación o secado de hongos, frutas y hortalizas (elaboración propia y Van Arsdel y col, 1973)

El procedimiento para procesamiento hogareño o comercial es el mismo, sólo cambian algunos equipos y algunas condiciones particulares en alguna de las etapas.

Y en la Figura 42b un esquema utilizado por la Cámara de Productores de Hongos de la Patagonia.

Figura 42b: Diagrama de tareas para la deshidratación de hongos (gentileza: Cámara de Productores de Hongos de la Patagonia. Neuquén - Alto Valle de Río Negro)

Recetas para la deshidratación y secado de hongos comestibles, hogareño o comercial de pequeña escala

1- Seleccionar materia prima de buena calidad, lo más uniforme posible y de tamaño regular.

2- Si se puede no lavar, caso contrario, lavar con abundante agua potable o potabilizada.

3- Pelar, cortar, etc., con cuchillo de acero inoxidable, en el sentido longitudinal si son hongos de "sombrero", en fetas de 0.5 a 1 cm de espesor. De los hongos mostrados en este trabajo el único que no se pela, corta, etc. es la *Morchela*. Si es posible se sumergen las rodajas en una solución de meta bisulfito de sodio en agua preparada de la siguiente manera: 30 gramos de metabisulfito en un litro de agua

con el agregado del jugo de medio limón o 1,5 gramos de ácido cítrico, durante 15 minutos.

4- Se escurren convenientemente y se disponen en las bandejas de secado formando una sola capa.

5- Se disponen las bandejas en el secadero y se seca lo más rápido posible cuidando de observar los detalles indicados en cada tipo de secadero. Es muy importante remover el producto en las bandejas, intercambiar las bandejas entre las distintas zonas del secadero, etc.

En condiciones ideales el secado debe hacerse con aire caliente comenzando a 40 - 50 ° C durante 3 - 4 horas y continuar luego con temperaturas de aire de 55 - 60 °C.

6- Secar hasta obtener la humedad final que provee estabilidad al producto seco (ver Tabla 9). Hay dos formas de medir la humedad final. La mejor es contar con aparatos electrónicos que indican la humedad en forma digital de forma rápida y sencilla. Estos aparatos son caros y difícilmente estén al alcance del usuario para deshidratación hogareña o comercial de pequeña escala. **El otro método posible es controlar por pesada**.

En la Tabla 9 se indica la cantidad de producto seco que se obtiene por cada 100 Kg de producto fresco listo para secar. Con esos valores se puede controlar por pesada de siguiente manera:

- Se pesan las bandejas vacías una sola vez y se anota el peso (Pv).
- Se pesan las bandejas llenas (Pll).
- Se obtiene de la Tabla 4 el peso final que hay que obtener de producto seco. Para hongos Champiñon: 0,111 Kg de producto seco por cada Kg de producto fresco preparado para comenzar el proceso.

Se calcula: Peso final = (Pll - Pv) x 0.111 + Pv

Por ejemplo para 5 bandejas de 1 m^2 para secar hongos será:

- Peso bandejas vacías = Pv = 3,75 Kg
- Peso bandejas llenas = Pll = 19,25 Kg
- Peso final = (19,25 - 3,75) x 0,111 + 3,75 = 5,47 Kg
- Peso final = 5,472 Kg

Es decir, hay que secar hasta que el peso final de las bandejas más la materia seca sea de 5,47 Kg y el peso final del hongo sea de 1,72 Kg.

7-Colocar el producto seco en bolsas de red y mantenerlo en lugar cálido y seco durante 3 o 4 días.

8-Envasar preferentemente en bolsas de celofán.

Tabla 9: Humedad inicial, final y rendimiento de hongos para deshidratación

HONGO	Humedad inicial %	Humedad Final %	Kg de agua a evaporar por Kg de producto fresco	Kg seco por cada 100 Kg fresco
HongosChampiñon (Agaricus); Pleurotus o Guírgolas; Shiitake	90	10	0,889	11,100
Hongos de pino (Suillus)	95	10	0,945	5,500
Hongos de ciprés (*Morchella* O Morilla)	87	10	0,857	14,300
Estos datos son aproximados. La humedad inicial cambia con la variedad , fecha de recolección, clima, etc.				

Uno de los problemas típicos más frecuentes del hongo seco, preferentemente el de la recolección silvestre, es el **ataque de polillas**. Estas ponen huevos sobre los hongos y aún deshidratándolos los huevos continúan viables y casi siempre en la primavera siguiente eclosionan dentro del envase. Este ataque se puede evitar realizando una fumigación química con dióxido de azufre antes de secarlo

o después de secarlo antes del envasado, y se efectúa quemando azufre en polvo (unos 40 gramos de azufre por metro cúbico de secadero) dentro del secadero apagando los ventiladores y a temperatura ambiente, durante 45 a 85 minutos. Luego, sin abrir el secadero se prenden los ventiladores y se dejan ventilar con aire seco unas tres horas. De otro modo siempre existe la posibilidad de aparición del insecto. En hongos de cultivo se puede prevenir evitando el ingreso de polillas en los locales de cultivo, de preparación previa, secado y sala de envasado, de otro modo también hay que efectuarle el tratamiento. **La creencia cultural indica que adicionando dentro del envase del hongo seco algunas hojas de laurel y granos de pimienta también deshidratados se puede prevenir el problema de la polilla. La práctica ha demostrado que las inclusiones indicadas no son efectivas.**

En la Figura 43 se muestran algunos de los hongos ya deshidratados.

Un defecto típico en el envasado con películas de celofán, es no termosellar las bolsas, como se ve en la Figura 43 e), perdiéndose la estanqueidad al transporte de humedad a través de la película.

a)

b)

c)

d)

e)

Figura 43: Algunos hongos ya deshidratados. a) Izquierda: Pleurotus ostreatus ; derecha: Pleurotus pulmonarius (gentileza Familia Szklars, Neuquén; integrante de la Cámara de Productores de Hongos de la Patagonia) envasado en Polietileno; b) Shiitake; c) Morilla; d) Suillus luteus en PET; e) Suillus luteus en celofán con especias (laurel y pimienta en granos)

En la Figura 44 se presenta una secuencia típica durante la deshidratación o la desecación de hongos.

Suillus recolectado de forestaciones de pino

Limpiando, cortando partes indeseables y pelando

Limpio y pelado

Limpiando, cortando partes indeseables y pelando

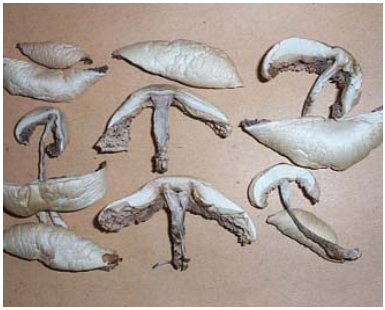
Lavando (esta etapa se debería evitar en hongos para secar)

Cortado en fetas de 1 cm listo para secar

Figura 44: Secuencia típica de preparación previa de un hongo para secar

En la Figura 45 se muestran algunas consideraciones durante la deshidratación de hongos

Lactarius deliciosus pardeado al ambiente durante la preparación previa (muy sensible)



Agaricus campestris fresco listo para secar y desecado (poco sensible)

Suillus luteus: desecado lento

Suillus luteus desecado sin y con tratamiento previo con sulfitos

Suillus luteus: desecado rápido

Suillus luteus desecado rápido con cáscara (parte superior) y sin cáscara (parte inferior)

Figura 45: Algunos defectos comunes para hongos deshidratados y/o desecados

Rehidratación de hongos deshidratados

La importancia de la rehidratación de hongos reside en que es un parámetro importante indicador de la calidad del producto. Significa la cantidad de agua que un hongo seco puede absorber comparativamente con el contenido de agua del hongo fresco. Si bien, es un tema no demasiado estudiado, algunos datos indican que la capacidad de rehidratación es limitada y del orden del 40 %, es decir que pueden absorber solamente alrededor del 40 % del agua que contenían en estado fresco.

Según García-Pascual y col. (2005), el hongo *Morchella* posee los siguientes parámetros de rehidratación:

Humedad inicial del hongo = 90,2 % base húmeda; Secado con aire a 30 °C y 1 m/s; Humedad final = 10,2 % base húmeda

- Capacidad de absorción de agua = WHC = 38,3 ± 1,8 (Absorbe el 38,3 % del agua que contenía el hongo fresco)
- Capacidad de retención de sólidos = DHC = 70 ± 3,2 (Retiene el 70 % de los sólidos iniciales)
- Habilidad para rehidratar = RA index = WHC x DHC = 26,8 ± 1,8 (similar a muchos otros productos deshidratados)
- Temperatura máxima de rehidratación = 60 °C porque a temperaturas más altas cambia la estructura debido a que el hongo por encima de 60 °C se cocina.

En *Suillus luteus* y Shiitake secados a 60 °C con aire, los autores de este trabajo encontraron valores muy similares en cuanto a los parámetros de la rehidratación. No se midió cambio de estructura pero se rehidrató a 60 °C.

Es decir que además de que el hongo no recupera más que el 40 % del agua inicial, además pierde un 30 % de sólidos durante la rehidratación. Esto es importante ya que es imposible volver al peso fresco inicial, con lo cual la economía de los procesos posteriores con el

hongo seco es más onerosa; y dada la pérdida de sólidos, componentes importantes del aroma y sabor, la calidad del hongo rehidratado y escurrido disminuye. Por ello, cuando se pueda se debe rehidratar el hongo con los mismos líquidos que luego se utilizarán en el proceso de cocción, etc.

Capítulo 7:
Manejo de Hongos para la obtención de conservas seguras

Las conservas son productos que luego de preparados se envasan en recipientes con tapa hermética y se someten a un tratamiento térmico de estabilización.

Este método de conservación se aplica desde 1804, y surgió como consecuencia de las guerras napoleónicas. Nicolás Appert, confitero de París, ganó un concurso promovido por Napoleón. Los fundamentos de la época consideraban que el aire exterior era la causa de las alteraciones por ello envasó en envases herméticos y que la pequeña cantidad de aire que quedaba en el interior del envase se volvía inocuo cuando el producto, envasado herméticamente, se sometía al calor. Cincuenta años más tarde, Pasteur descubrió que la principal causa de alteración de las conservas eran los microorganismos. Actualmente se sabe que las causas de alteración son varias, aunque la principal y la de mayor preocupación sigue siendo la acción de los microorganismos. Por ello es imprescindible inhibir el desarrollo de los mismos. El medio más utilizado hoy es la aplicación de calor.

La aplicación de calor se puede efectuar por: **pasteurización, tindalización y esterilización**.

Pasteurización: consiste en tratamientos térmicos de bajas temperaturas (menores que 100 °C) en los que se busca disminuir selectivamente la carga microbiana. Se aplica a productos ácidos o a productos poco ácidos para conservación por corto tiempo o a productos poco ácidos que utilizan métodos combinados de conservación (por ejemplo conservadores químicos y calor).

Esterilización: es la eliminación total de microorganismos por acción del calor. En algunos alimentos es casi imposible la eliminación completa de los microorganismos ya que requeriría tratamientos térmi-

cos muy severos y bajaría mucho la calidad del producto por cocción excesiva. El concepto que se utiliza en la práctica es el de esterilización industrial.

Esterilización Industrial: con ella se busca eliminar los microorganismos patógenos (que afectan la salud humana) y aquellos que ponen en riesgo la estabilidad del producto dentro del tiempo de vencimiento de la conserva, es decir, que a lo sumo pueden quedar microorganismos que no pongan en riesgo a la salud humana y/o la calidad del alimento. Se efectúa a temperaturas iguales o mayores que 100 °C.

Tindalización: también denominada esterilización intermitente. Consiste en tratamientos térmicos repetitivos con descansos entre ellos de aproximadamente 24 horas. El primer tratamiento ataca las formas vegetativas y posiblemente queden vivas las formas resistentes que normalmente esporulan, durante el reposo las esporas vuelven a la forma vegetativa y entonces se trata nuevamente con calor. En general, cuando se aplica, se efectúan tres tratamientos. No se utiliza en elaboración comercial porque disminuye mucho la textura del producto final ya que el tratamiento térmico es muy prolongado.

Clasificación de las conservas según riesgo de patología humana

Las conservas se pueden dividir según el riesgo de patología humana de acuerdo a:

Conservas Ácidas: cuyo pH sea menor que 4,5. En estas existe la probabilidad de desarrollo de hongos y levaduras y de algunas pocas bacterias no peligrosas para la salud humana.

Conservas No Ácidas: cuyo pH sea igual o mayor que 4,5. En estas además del desarrollo de hongos y levaduras **existe la probabilidad de desarrollo de bacterias peligrosas para la salud humana.**

En frutas, hortalizas y hongos, esta división esta dada por el riesgo BOTULÍNICO

El **BOTULISMO** es una enfermedad muy grave consecuencia de una toxina producida en determinadas condiciones por la bacteria *Clostridium botulinum*. Esta bacteria se encuentra en todos los ambientes, mientras esté en presencia de oxígeno no puede producir toxina. Pero en ausencia de él, como ocurre en las conservas, y a pH superiores a 4,4 siempre existe la posibilidad de que la produzca.

Clostridium botulinum es una bacteria termoresistente que además cuando es sometida al calor puede generar esporas. Las esporas son más resistentes al calor que la forma vegetativa. Por ello aún en condiciones de esterilización (temperaturas de tratamiento mayores que 100 °C, normalmente superiores a 121 °C trabajando a presión en las denominadas autoclaves) en la industria conservera de gran volumen es difícil asegurar su total eliminación. Lógicamente, en emprendimientos de menor escala el problema es todavía más difícil.

Los hongos comestibles, poseen pH relativamente alto por ello deben tratarse consecuentemente ya que es posible, si las condiciones son propicias, que presenten riesgo botulínico.

El pH y su medición: El pH es uno de los posibles métodos para medir la acidez de un producto. Se evalúa de acuerdo a una escala que va de 1 a 14, como se muestra en la Figura 46. En general, pH = 7 indica que el sistema es neutro, es decir no posee ni acidez ni alcalinidad. Cuando es mayor que 7 indica alcalinidad y cuando es menor que 7 indica acidez.

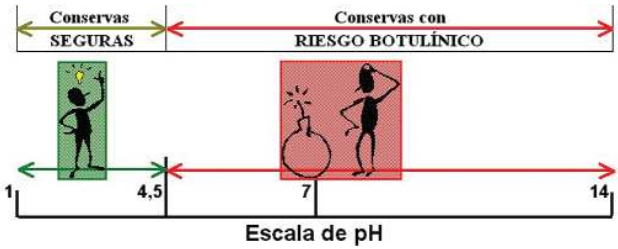


Figura 46: Escala de medición del pH y su relación con el riesgo botulínico en conservas

Sin embargo a los efectos de evaluar el riesgo botulínico el pH límite es 4,5. Se repite que: por debajo de él no existe la probabilidad de desarrollo de toxina botulínica y por encima de él existe la probabilidad de desarrollo de toxina botulínica. **Es decir, que el límite para la ocurrencia o no del problema es muy estricto, por ello en conservas el pH siempre debe medirse con aparatos muy confiables y luego de por lo menos dos meses después de preparadas para asegurar su total homogeneidad**. Un aparato confiable se muestra en la Figura 47. Normalmente estos son muy sensibles y de alto costo y difícilmente pueda ser soportado por pequeños emprendimientos. Por lo expuesto, no se recomienda tratar de evaluar el pH por otros métodos como los que miden color, etc.

Figura 47: Medidor de pH o peachímetro

Debido al inconveniente del botulismo, en este trabajo se indicarán recetas para la elaboración de conservas en las cuales el pH del producto estabilizado ya ha sido verificado y siempre se mantendrá por debajo del límite de riesgo. La inventiva del lector podrá generar nuevas y variadas recetas para hongos en conserva, pero se debe recordar que se tiene que medir su pH dos meses después de prepararlas con un aparato seguro y el pH debe mantenerse por debajo de 4,4.

Procesado Térmico

El procesado térmico, como ya se comentó, puede ser de pasteurización o de esterilización, dependiendo principalmente del pH del producto. Siempre el tratamiento térmico se expresa con determinada condición de tiempo y temperatura, y para determinado microorganismo, que casi siempre es el más resistente al tratamiento térmico en el producto considerado.

La condición adecuada para el par *temperatura - tiempo* depende del *microorganismo guía* (en conservas de hongos el *Clostridium botulinum*) seleccionado para el tratamiento, de otras condiciones que hacen a la transferencia de calor y a la posibilidad de desarrollo de los microorganismos, como los que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10: Parámetros que condicionan el desarrollo microbiano en conservas

Origen	Parámetro
Características del alimento	Composición
	Aw
	Potencial de O_2
	Carga inicial de microorganismos
	pH
	Compacidad del producto
	Viscosidad del producto
Envase	Material
	Forma
	Tamaño
Condiciones ambientales	Temperatura de almacenamiento

Evidentemente, el diseño del proceso térmico depende de muchos parámetros, y su tratamiento es muy complicado *máxime que en hongos frescos de muy buena calidad se han encontrado más de* 10^6 *bacterias por gramo* (Komanowsky y col, 1970).

Por ello el diseño de procesos térmicos debe ser tratado por especialistas

En este trabajo, como solamente se recomendaran conservas "seguras", cuyo pH siempre será menor que 4,4, se indicarán tiempos de tratamientos térmicos de pasteurización a temperaturas de 100 °C o menores.

Un aspecto muy importante es la comprensión de **la diferencia entre el Tiempo de Tratamiento Térmico Efectivo (TTTE) y el Tiempo de Tratamiento Térmico Total (TTTT)**. Se indicará con un ejemplo.

Supóngase que una conserva requiere un Tratamiento Térmico Efectivo de 20 minutos sumergida en agua a 95 °C. Si se comienza con el producto lo más caliente posible, con el baño de pasteurización, con agua suficiente, ya calentado a 95 °C y el envase se retira del baño inmediatamente después de finalizado el tiempo de pasteurización, y se mide la evolución de la temperatura en el centro del frasco se obtendría la curva de calentamiento (1) que se muestra en la Figura 48. Si se comienza con el producto muy frío, con el agua del baño de pasteurización también fría y el envase de la conserva no se retira del baño luego que transcurre el tiempo de pasteurización, se obtendría dentro del frasco la curva de calentamiento (2), que también se observa en la Figura 48. Si se comparan ambas curvas, se obtendrá:

Para la curva de calentamiento (1): TTTE=20 minutos; TTTT=35 minutos

Para la curva de calentamiento (2): TTTE=20 minutos; TTTT=91 minutos

Todo el tiempo que excede los 20 minutos (TTTE) es tiempo de cocción innecesario que disminuye significativamente la calidad del producto. Por lo tanto, resulta conveniente que el TTTT sea lo menor posible, es decir que los tratamientos térmicos siempre se acerquen a la curva (1) y no a la curva (2)

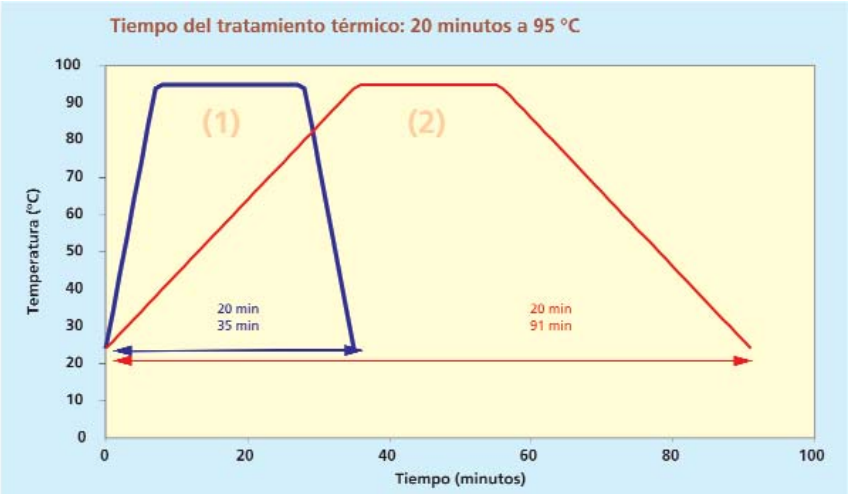


Figura 48: Curvas de pasteurización hipotéticas. (1) pasteurización normal; (2) pasteurización "excesiva".

Métodos y equipos para el procesado térmico

El tratamiento térmico de productos ácidos (pH < 4,5) se puede efectuar por pasteurización. Cuando el envase es de vidrio suele usarse pasteurización en agua caliente: ésta puede ser **discontinua o continua**. La **continua** puede hacerse con agua caliente o con vapor saturado. Los equipos más simples son los de baño de agua: estos consisten en tanques que contienen agua permanentemente calentada por vapor, y el producto puede entrar y salir del pasteurizador mediante cintas transportadoras.

La más adecuada para procesamiento hogareño y/o comercial de pequeña escala es la **discontinua**. Esta se realiza en tanques con agua previamente calentada, y el producto se sumerge en canastos para rápido acceso y salida del pasteurizador (ver Figura 49).

a)

b)

Figura 49: Pasteurizadores para pequeña escala. (a) Uso hogareño; (b) Uso comercial de varios (Gentileza Dulcería Flia. Mengoli. El Bolsón - Río Negro) o de un solo canasto (Gentileza Establecimiento Masseube. El Hoyo - Chubut)

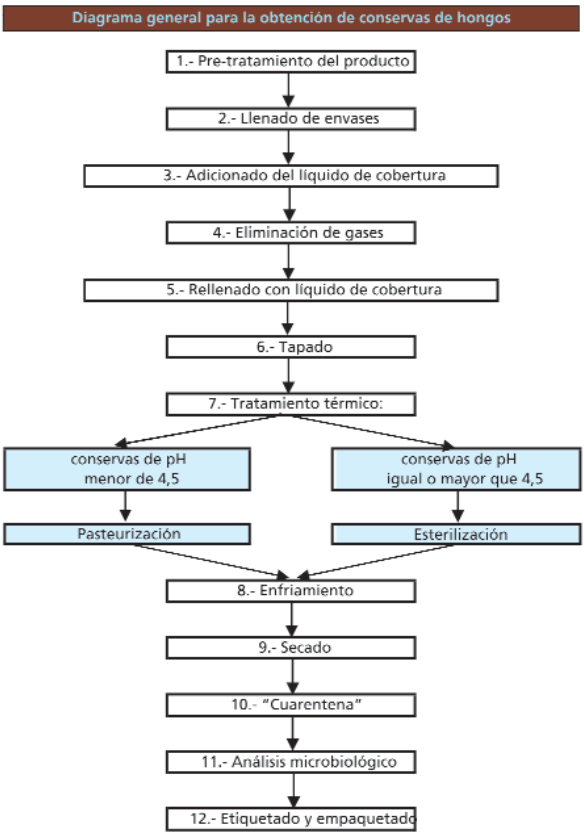
En el ámbito hogareño o en el comercial de pequeña escala, para la elaboración de conservas ácidas no se recomienda el uso de autoclaves.

Tampoco es posible reemplazar el autoclave por la cacerola a presión ya que ésta última, si bien trabaja a mayor temperatura que el Baño María no se conoce la misma y por lo tanto no se puede controlar el

proceso. Asimismo, no es posible utilizar el horno de la cocina ya que aunque trabaja a temperaturas de alrededor de 200 ºC en el aire no puede trabajar a presión y se producirán roturas de los envases sin alcanzar la temperatura de pasteurización.

Método de elaboración

Cualquiera sea la conserva, el método de elaboración es básicamente el mismo y se describe en el siguiente diagrama:



1. Pre-tratamiento del producto

Se realiza del mismo modo que lo ya indicado en conservación por deshidratación y secado. Además, se puede incluir un proceso previo de rehidratación si la materia prima se presenta deshidratada. En este caso, se sumerge el producto en tanques discontinuos o en rehidratadores continuos con agua u otro líquido rehidratante a elección.

2. Llenado de envases con el producto

Este se puede realizar a mano o con llenadoras - dosificadoras, las mismas que se usan para envasar. En el último caso el producto a veces ya se mezcla con el líquido de cobertura.

Hay que prestar especial atención a la uniformidad del llenado. Esto es, la mezcla sólido - líquido debe ser uniforme; la cantidad por envase y el espacio de cabeza (espacio de aire que queda sobre el producto dentro del envase) también.

El espacio de cabeza, normalmente utilizado para el procesamiento de latas, generalmente se encuentra entre 0,2 y 1,5 cm, dependiendo del tipo y consistencia del producto y de la capacidad del envase.

Para procesamiento hogareño o comercial de pequeña escala, normalmente se utilizan envases de vidrio y tratamientos de pasteurización, por ello el espacio de cabeza en el frasco llenado antes de la pasteurización no debe existir.

Estos aspectos tienen mucha importancia económica y tecnológica principalmente en lo que hace a la uniformidad del tratamiento térmico.

3. Adicionado del líquido de cobertura

El líquido de cobertura puede estar constituido por:

Soluciones de edulcorantes nutritivos: en general sacarosa o azúcar común. Para frutas se utilizan soluciones de diversas concentraciones. La tendencia actual es usar soluciones de 25 - 30 °Brix (°Brix refiere al contenido de sólidos solubles refractométricos, en este caso es porcentaje -peso a peso- de edulcorantes nutritivos en la solución), con o sin agregado de ácidos orgánicos, colorantes, etc. No se utiliza en hongos.

Soluciones de ácido acético: para los denominados pickles o encurtidos, hongos en vinagre, frutos en mezclas de vinagre y agua, etc. Se usa en general, 1 a 5 % de ácido acético. Se puede adicionar, además, sal de mesa 2 a 5 %; sales de calcio que ayudan a mejorar la textura; y en algunos casos (productos agridulces) se adiciona azúcar.

Soluciones de ácido cítrico: se utiliza para disminuir el pH de la conserva, sin llegar a pH muy bajos o a sabores muy modificados como en el caso del vinagre. Se usa en general, de 1 a 5 gramos de ácido por litro de agua. Se puede adicionar, además, sal de mesa 2 a 5 %; sales de calcio que ayudan a mejorar textura; y en algunos casos (productos agridulces) se adiciona azúcar.

Salmueras diluidas (" hongos al natural "): suelen usarse soluciones de sal de mesa de diversas concentraciones, normalmente 2 a 4 %. *Con estos líquidos de cobertura no se puede modificar el pH del producto*.

Aceite comestible: se utiliza aceite sin ningún agregado, o se mezcla con vinagre y otros componentes para los "escabeches". *Si se usa aceite puro y el producto no fuera previamente acidificado no se modifica el pH del sistema*.

Estos se agregan manualmente o a máquina. A máquina se hace con dosificadoras iguales a las que se usan para envasar.

4. Eliminación de gases (evacuación)

Esta operación se puede llevar a cabo mediante: **Calentamiento en baño de agua o en túneles de vapor. O por eliminación mecánica**

5. Rellenado con líquido de cobertura

Cuando se llena a mano y en algunos productos a máquina, puede haber inclusión de importantes volúmenes de aire (burbujas). Cuando éste se evacúa puede disminuir el nivel de líquido de cobertura, o lo que es lo mismo aumentar mucho el espacio de cabeza.

En estos casos siempre se rellena con líquido de cobertura bien caliente tratando de evitar la inclusión de aire.

6. Tapado

Inmediatamente después de la operación anterior se procede al tapado. Las latas se cierran a máquina, y otros envases pueden cerrarse a máquina o a mano.

7. Tratamiento térmico: Pasteurización y Esterilización

Este proceso consiste en calentar el producto durante determinado tiempo a los efectos de disminuir significativamente la carga microbiana del producto.

La pasteurización se efectúa a temperaturas menores de 100 °C y por tiempos variables, según envase, producto, temperatura, etc. Para hongos en soluciones ácidas (pH menor que 4,5) en envases de "1/2" kg, las temperaturas pueden ser desde 65 a 95 °C y los tiempos desde los 50 a los 25 minutos.

La esterilización se efectúa por encima de 100 °C, y a tiempos muy variables dependiendo del envase, producto, temperatura, tipo de equipo, etc.

8., 9. Enfriamiento y Secado

Inmediatamente después del tratamiento térmico el producto debe ser enfriado lo más rápidamente posible, por dos motivos: **Evitar la cocción innecesaria y ayudar a eliminar microorganismos**.

El enfriamiento se puede efectuar de varias maneras. Cuando son envases de **vidrio**, el enfriamiento se realiza mediante pulverización de agua con gotas muy finas, o por inmersión en más de una etapa, ya que el vidrio sólo resiste, de calor a frío, **unos 35 - 40 °C de diferencia de temperatura**.

10., 11. " Cuarentena " y Análisis microbiológico

Las conservas de pH igual o mayor que 4,5 deben ser sometidas a una etapa de cuarentena en fábrica, es decir, no pueden salir a la venta inmediatamente, ya que exigen una serie de controles para disminuir el riesgo de intoxicación botulínica.

No es el caso de este trabajo, ya que sólo se tratarán conservas ácidas.

12. Etiquetado y empaquetado

Estas operaciones se realizan a mano o a máquina. El único inconveniente, cuando se realiza a máquina es que casi siempre hay que trabajar con la misma geometría de envase.

Recetas para la elaboración de conservas ácidas (pH < 4,5) de hongos

Como ya se indicó el método de elaboración de conservas es siempre el mismo, con matices diferentes según el tipo de producto, el líquido de cobertura, etc.

No se recomienda elaborar conservas poco ácidas ("al natural", en salmueras livianas, en aceite sin previa acidificación del hongo, etc.) en el hogar o en el ámbito comercial de muy pequeña escala si no se toman los recaudos necesarios para éstos productos.

Las únicas conservas que se indicarán en este trabajo son conservas seguras ya que se ha disminuido, con métodos comprobados, la acidez del producto de modo que no existan posibilidades de desarrollo de toxina botulínica. Si se intenta cambiar de algún modo las recomendaciones aquí vertidas es necesario comprobar que la modificación ha dado el resultado esperado: es decir, que el producto terminado no tenga un pH superior a 4,4 luego de dos meses de preparado y antes de consumirlo.

Hongos en vinagre

Cuando se trabaja con vinagre "puro" (ácido acético al 5 % o vinagre blanco), los hongos se pueden envasar sin necesidad de tapar herméticamente y sin pasteurización posterior, aunque siempre conviene tapar los recipientes con tapas resistentes al vinagre y pasteurizar para evitar la formación de la denominada "madre del vinagre" que puede generar aspecto indeseable. El método de preparación es muy simple:

1. Seleccionar preferentemente hongos de tamaño mediano a pequeño. Dejarlos orear 24 horas al ambiente (el oreo hace que el hongo, por pérdida parcial de agua, posea mejor textura). Si son grandes respecto al tamaño del envase hay que cortarlos, mientras se cortan conviene sumergirlos en agua con 2 % de sal de mesa para evitar pardeamientos.

2. Si son hongos cuya cáscara es indeseable (Suillus) también hay que pelarlos con cuchillo de acero inoxidable y sumergirlos en una salmuera que contenga 20 gramos de sal por litro de agua, mientras finaliza la preparación.

3. Preparar vinagre con no menos de 4 % de ácido acético, calentarlo hasta ebullición y escaldar los hongos en él durante dos minutos, sacar los hongos, escurrirlos y enfriarlos con agua potable o potabilizada. Filtrar muy bien el vinagre remanente.

4. Llenar los frascos con los hongos ya preparados y, si se desea adicionar cualquier tipo de condimento, completar el volumen con el líquido anterior (paso 3).

5. Eliminar muy bien el aire, completar el volumen con líquido si fuera necesario (llenar bien hasta arriba), tapar los frascos (si cuando se tapan los frascos no pierden un poco de líquido, volver a colocar líquido) e inmediatamente pasteurizarlos en agua (3 a 5 litros por frasco) durante el tiempo que se indica en la Tabla 11:

Tabla 11: Tiempos de pasteurización en función de la temperatura del baño y del tamaño de los envases, para conservas de hongos en vinagre

Agua a 95 °C	Volumen del frasco	Agua a 100 °C
9 minutos	200- 250 cm^3	7 minutos
15 minutos	360 cm^3	12 minutos
25 minutos	660 cm^3	20 minutos
27 minutos	720 cm^3	21 minutos
90 minutos	3000 cm^3	60 minutos

6. Luego de cumplido el tiempo, sacar los frascos inmediatamente del baño de pasteurización, retocar suavemente la tapa y enfriarlos utilizando una lluvia muy fina de agua fría. Una vez fríos los frascos se colocan boca abajo sobre papel durante 48 horas para verificar su estanqueidad.

7. Los frascos que no pierden se almacenan en lugar fresco y oscuro, y los que pierden se pueden consumir en el término de una semana guardados en heladera. No conviene volverlos a pasteurizar

Los hongos en vinagre se pueden preparar con o sin agregado de sal, con o sin agregado de azúcar (agridulces), con o sin condimentos. Si se adiciona sal y/o azúcar se puede optar por las proporciones que se indican en la Tabla 12:

Tabla 12: Proporción de sal y azúcar para la preparación de hongos en vinagre, en función del tamaño del envase

Volumen del frasco	Sal	Azúcar
360 cm^3	1 cucharada de café de sal fina	3 cucharadas de café de azúcar
660 cm^3	1 cucharada de té de sal fina	3 cucharadas de té de azúcar
720 cm^3	1 cucharada de té de sal fina	3 cucharadas de té de azúcar
3000 cm^3	3 cucharadas soperas de sal fina	10 cucharadas soperas de azúcar

Hongos en mezclas de vinagre y agua

Los hongos o cualquier hortaliza en vinagre puro generalmente resultan muy "fuertes" para la mayoría de los paladares.

Es posible preparar hongos en mezclas de vinagre y agua que hacen más apetecible el producto. La mezcla de vinagre y agua no puede ser cualquiera ya que **se recuerda el riesgo del botulismo**. En la Tabla 13 se presentan las mezclas recomendadas y probadas.

Tabla 13: Mezclas de vinagre y agua para conservas de hongos

Mezcla	Vinagre partes en volumen (litros, tazas, etc.)	Agua partes en volumen (litros, tazas, etc.)	Características gustativas
6 - 1	6	1	Muy fuerte
5 - 1	5	1	Muy fuerte
4 - 1	4	1	Fuerte
3 - 1	3	1	Fuerte
2 - 1	2	1	Suave
1 - 1	1	1	Suave
2 - 3	2	3	Muy Suave

Se recomienda no preparar otra proporción que contenga menos vinagre que la mezcla 2 - 3 a menos que se tenga un medidor de pH confiable y el producto estabilizado (luego de por lo menos 2 meses de preparado) tenga un pH menor que 4,4.

Se hierve la mezcla y se escaldan los hongos durante dos minutos, se retiran los hongos y se enfrían con agua potable o potabilizada. Se filtra el líquido y se mantiene caliente.

Se llenan los frascos con el hongo escaldado y se completa el volumen de los frascos con la mezcla líquida. Se espera unos 10 minutos, se elimina el aire y se agrega más líquido de cobertura si es necesario. Se tapa muy bien con tapas resistentes al vinagre y se pasteurizan los frascos de acuerdo a lo indicado en la Tabla 14:

Tabla 14: Tiempos de pasteurización en función de la temperatura del baño y del tamaño de los envases, para conservas de hongos en mezclas de vinagre y agua

Agua a 95 °C	Volumen del frasco	Agua a 100 °C
15 minutos	200– 250 cm^3	12 minutos
25 minutos	360 cm^3	20 minutos
40 minutos	660 cm^3	34 minutos
42 minutos	720 cm^3	35 minutos
150 minutos	3000 cm^3	145 minutos

Si es posible siempre conviene pasteurizar a 95 °C ya que a 100 °C se observará una sobrecocción indeseable en el hongo que aparece pegado a la superficie del vidrio.

Es importante verificar la cantidad aproximada de líquido de cobertura para distintos envases, principalmente en la mezcla más pobre en vinagre. En la Tabla 15 se presentan los volúmenes de líquido de cobertura que debe llevar cada frasco.

Todos los demás pasos son iguales a hongos en vinagre

En cuanto al agregado de especias, sal y azúcar es a gusto del consumidor. Se puede sugerir:

Para el frasco de:
360 cm^3: 1 cucharada de café de sal y 1 cucharada de café de azúcar
660 cm^3: duplicar dichas cantidades

Tabla 15: Volúmenes aproximados de mezcla de vinagre y agua para cada tamaño de frasco

Volumen del envase	Cantidad de mezcla por envase en cm^3
360 cm^3	180 a 200
660 cm^3	250 a 300
720 cm^3	280 a 320
3000 cm^3	1300 a 1500

Pickles o encurtidos de hongos

Los pickles o encurtidos están tipificados en el Código Alimentario Argentino:

"*Con la denominación de pickles o encurtidos se entiende las hortalizas que después de haber sido curadas en salmuera o haber experimentado una fermentación láctica en condiciones especiales, se conservan con vinagre en un recipiente bromatológicamente apto*".

Entre otras reglamentaciones hay una que adquiere particular importancia: "*El líquido de cobertura deberá tener una acidez expresada en ácido acético no menor del 2 %, y el pH a 20 °C no mayor de 3,5*".

En la misma reglamentación clasifican a éstos productos como:

- Encurtidos o pickles de una sola especie: Contienen solo una especie de hortaliza.

- Encurtidos o pickles mixtos: Deben contener no menos de 4 especies de hortalizas.

- Encurtidos o pickles seleccionados: deberán contener además de otras hortalizas, pellas de coliflor, pepinitos enteros (no mayores de 6 cm de longitud), cebollitas (no mayores de 3 cm de diámetro) y pimientos.

Evidentemente en la legislación argentina no habla de hongos, pero se puede asimilar a cualquier hortaliza, incluso se puede mezclar con otras hortalizas como dice la legislación.

Si bien la receta se describirá para hongos solamente, si se desea agregar cualquier hortaliza se debe seguir el mismo tratamiento para cada una de ellas y luego efectuar la mezcla cuando se llenen los envases con los sólidos.

1. Se seleccionan hongos frescos, sanos, con buen color y sin ningún tipo de daño. Se lavan convenientemente. Se limpian, pelan, etc. y se trozan cuando es necesario de un tamaño adecuado y lo más regular posible. Se vuelven a lavar bajo chorro de agua y se escurren convenientemente.

2. Se sumergen los hongos ya preparados en una salmuera que contenga 160 gramos de sal de mesa por litro de agua durante 24 horas. Utilizar por lo menos un litro y medio de salmuera por kilogramo de hongos preparados, cuidando que la inmersión sea completa. Finalizado el tiempo retirar los hongos, llevar la salmuera a ebullición y escaldar en ella los hongos durante dos minutos.

3. Se escurren y sin lavar se colocan en los recipientes limpios y secos, cuidando de llenar muy bien los envases. Luego se vierte sobre los hongos una mezcla de 3 partes de vinagre blanco y una de agua, llenando muy bien hasta el borde. Se tapa y se mantiene a temperatura ambiente durante 4 días.

4. Inmediatamente después se escurre el líquido de cobertura, se filtra si es necesario por telas o tamices de trama muy fina y se hierve durante 3 minutos. A continuación se vuelca el líquido bien caliente sobre los hongos llenando muy bien hasta el borde, se eliminan las

burbujas de aire si las hubiera, se rellena con líquido si es necesario, se tapan herméticamente con tapas resistentes al vinagre y se dejan enfriar al ambiente. Se almacenan en lugar fresco y oscuro.

Este producto no requiere pasteurización, si se utilizan buenos procedimientos higiénicos. Caso contrario, deben pasteurizarse del modo indicado en la Tabla 14.

Pickles agridulces de hongos

Se procede del modo indicado más arriba sólo que en la mezcla de vinagre y agua se adiciona 100 g de azúcar blanco refinado por litro de mezcla y en el paso 4.- antes de filtrar y hervir el líquido de cobertura se adicionan 100 g más de azúcar por litro.

Salsas Chutney con hongos

Los chutney son salsas agridulces que se utilizan para acompañar comidas saladas. Existe un sinnúmero de recetas para la preparación de éstos productos, todas consisten en la cocción de una mezcla de frutas y hortalizas y/u hongos, con especias de diversa índole, frutas desecadas, etc., siempre acompañadas por cierta proporción de vinagre y azúcar.

A los efectos de ejemplificar se presentan dos recetas, luego con la inventiva del lector y su propio gusto se podrán elaborar una gran cantidad de combinaciones, la única recomendación posible en éstas preparaciones consiste en tratar de no variar la proporción de frutas, hortalizas y hongos con la cantidad de azúcar y vinagre con el objeto de obtener un pH seguro.

Chutney de manzanas verdes, hongos y cebolla

1. Cortar 2 kg de hongos si fuera necesario por su tamaño, pelar y cortar 0,500 kg de manzanas verdes y 0,650 kg de cebollas. Colocar en una cacerola adecuada muy poco aceite y rehogar los hongos, manzanas y cebollas durante 2 minutos.

2. Adicionar a la preparación 0,250 kg de pasas de uva sin semilla, 3/4 litro de vinagre de vino, 1/2 kg de azúcar blanco refinado o negro (según se desee), 15 gramos de sal de mesa y 15 gramos de jengibre en polvo. Se lleva la mezcla a ebullición y se mantiene hirviendo unos 15 minutos o más si se desea mayor consistencia.

3. Finalizada la cocción se envasa, bien caliente, en frascos herméticos llenando bien hasta arriba y se pasteurizan como se indica en la Tabla 14.

Chutney de peras, apio y hongos

1. Pelar y cortar 1,500 kg de peras y 1 kg de hongos, lavar y cortar 0,650 kg de pencas de apio. Colocar en una cacerola adecuada muy poco aceite y rehogar durante 2 minutos.

2. Adicionar a la preparación 0,250 kg de nueces picadas, 3/4 litro de vinagre de vino o de manzana, 1/2 kg de azúcar blanco refinado o negro (según se desee), 15 gramos de sal de mesa, 15 gramos de jengibre en polvo y 50 gramos de mostaza. Se lleva la mezcla a ebullición y se mantiene a fuego fuerte durante 15 minutos o más si se desea mayor consistencia.

3. Finalizada la cocción se envasa, bien caliente, en frascos herméticos llenando hasta arriba y se pasteurizan como se indica en la Tabla 14.

Consumir este producto luego de 1 mes de preparado.

Obsérvese que en ambas recetas de chutneys, la suma total de ingredientes excepto el vinagre es de 3,430 y 3,480 respectivamente, y en ambos casos se adiciona 3/4 litros de vinagre. Es decir, que la relación de todos los ingredientes menos el vinagre debe mantenerse 4,64 a 1 con el vinagre, o lo que es lo mismo por cada ***4,64 kg de ingredientes cualesquiera debe adicionarse 1 litro de vinagre****.*

Hongos en conserva, previo escaldado ácido

Este método busca disminuir el pH del hongo para evitar el riesgo botulínico. Es un procedimiento simple y seguro, siempre y cuando se haya comprobado en la práctica y con métodos objetivos que el escaldado ácido ha producido el efecto buscado en el producto terminado. ***No se recomienda preparar éstos productos si no se cuenta con suficientes antecedentes de su efectividad****.*

1. Seleccionar preferentemente hongos de tamaño mediano a pequeño. Dejarlos orear 24 horas al ambiente.

2. Si son hongos grandes, cortarlos y/o pelarlos con cuchillo de acero inoxidable y sumergirlos en una salmuera que contenga 20 gramos de sal por litro de agua, mientras finaliza la preparación.

3. Preparar una solución que contenga 5 gramos de ácido cítrico por litro de agua (3 litros por cada kg de hongos), llevarla a ebullición y sumergir los hongos utilizando un canasto de acero inoxidable o una bolsa de red. Cuando se recupera el hervor mantener los hongos 2 minutos. Sacarlos del baño y enfriarlos inmediatamente con abundante agua fría y escurrirlos muy bien. *En el caso de utilizar condimentos o especias de cualquier tipo también deben escaldarse en la mezcla*.

4. Llenar los frascos con los hongos escaldados y completar el volumen con el líquido anterior (paso 3) filtrado por tela muy fina.

Eliminar muy bien el aire, completar el volumen con líquido si fuera necesario, tapar los frascos e inmediatamente pasteurizarlos como se indica en la Tabla 14.

5. Luego de cumplido el tiempo, sacar los frascos inmediatamente del baño de pasteurización, retocar suavemente la tapa y enfriarlos utilizando una lluvia muy fina de agua fría. Una vez fríos los frascos se colocan boca abajo sobre papel durante 48 horas para verificar su estanqueidad.

6. Los frascos que no pierden se almacenan en lugar fresco y oscuro, y los que pierden se pueden consumir en el término de una semana guardados en heladera.

Nota importante: probablemente para algunos hongos la concentración de ácido cítrico indicado en esta receta sea demasiado alta llevando al producto a una acidez indeseable. Se puede disminuir la cantidad de ácido en la solución pero siempre será necesario verificar que el pH del producto final estabilizado sea el adecuado.

Hongos frescos en escabeche

1. Seleccionar preferentemente hongos de tamaño mediano. Dejarlos orear 24 horas al ambiente.

2. Si son hongos grandes, cortarlos y/o pelarlos con cuchillo de acero inoxidable y sumergirlos en una salmuera que contenga 20 gramos de sal por litro de agua mientras se finaliza su preparación (para evitar Pardeamientos oxidativos).

3. Preparar medio kg de hortalizas (normalmente cebolla, zanahoria y pimiento rojo) por cada medio kg de hongo fresco. En una sartén colocar medio litro de aceite y freír las hortalizas durante dos minu-

tos, en la misma mezcla agregar los hongos y rehogarlos durante dos minutos. Pasado el tiempo se agrega a la preparación medio litro de vinagre y los condimentos que se deseen. Se recupera el hervor y se cocina la mezcla durante 3 minutos revolviendo muy bien.

4. Colocar la mezcla en los frascos, llenándolos bien hasta arriba. Eliminar muy bien el aire, completar el volumen con la mezcla si fuera necesario (llenar bien hasta arriba), tapar los frascos e inmediatamente pasteurizarlos como se indica en la Tabla 14.

5. Luego de cumplido el tiempo, sacar los frascos inmediatamente del baño de pasteurización, retocar suavemente la tapa y enfriarlos utilizando una lluvia muy fina de agua fría. Una vez fríos los frascos se colocan boca abajo sobre papel durante 48 horas para verificar su estanqueidad.

6. Los frascos que no pierden se almacenan en lugar fresco y oscuro, y los que pierden se consumen en el término de una semana guardados en heladera.

Hongos deshidratados agridulces

1. Seleccionar hongos deshidratados de tamaño mediano a pequeño, si es necesario cortarlos.

2. Preparar una mezcla de 400 cm^3 de vinagre, 200 cm^3 de vino blanco, 60 gramos de azúcar y 20 gramos de sal. Hervirla durante 1 minuto y dejarla enfriar hasta unos 50 °C. Sumergir en la mezcla 50 gramos de hongos deshidratados, tapar y dejar en reposo unas 6 horas. Luego escurrir los hongos muy bien, guardando el líquido que sobra.

3. En una sartén adecuada colocar 150 cm^3 de aceite comestible y freír los hongos escurridos durante 1 minuto. Adicionar con mucho cuidado 200 cm^3 del líquido que sobró del paso 2 y hervir durante 2 minutos más mezclando permanentemente.

4. Colocar la mezcla homogéneamente en los frascos, llenándolos muy bien. Eliminar muy bien el aire, completar el volumen con la mezcla si fuera necesario (llenar bien hasta arriba), tapar los frascos e inmediatamente pasteurizarlos como se indica en la Tabla 14.

5. Luego de cumplido el tiempo, sacar los frascos inmediatamente del baño de pasteurización, retocar suavemente la tapa y enfriarlos utilizando una lluvia muy fina de agua fría. Una vez fríos los frascos se colocan boca abajo sobre papel durante 48 horas para verificar su estanqueidad.

6. Los frascos que no pierden se almacenan en lugar fresco y oscuro, y los que pierden se consumen en el término de una semana guardados en heladera.

Hongos en aceite con condimentos

1. Seleccionar preferentemente hongos de pequeño tamaño. Dejarlos orear 24 horas al ambiente.

2. Si son hongos grandes, pelarlos y/o cortarlos con cuchillo de acero inoxidable y sumergirlos en una salmuera que contenga 20 gramos de sal por litro de agua.

3. Preparar una solución que contenga la mitad de vinagre blanco y la mitad de agua (3 litros por cada kg de hongos), llevarla a ebullición y sumergir los hongos utilizando un canasto de acero inoxidable o una bolsa de red. Cuando se recupera el hervor mantener los hongos 3 minutos. Sacarlos del baño y enfriarlos inmediatamente con abundante agua fría y escurrirlos muy bien.

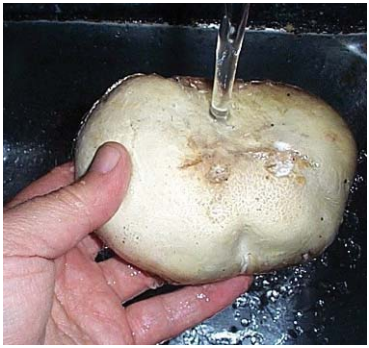
4. Llenar los frascos con los hongos escaldados y completar el volumen con aceite comestible en el cual se frieron durante 1 minuto los condimentos deseados (ají molido, pimentón, orégano, ajo y perejil, etc.). Eliminar muy bien el aire, completar el volumen con aceite si

fuera necesario (llenar bien hasta arriba), tapar los frascos e inmediatamente pasteurizarlos como se indica en la Tabla 14.

5. Luego de cumplido el tiempo, sacar los frascos inmediatamente del baño de pasteurización, retocar suavemente la tapa y enfriarlos utilizando una lluvia muy fina de agua fría. Una vez fríos los frascos se colocan boca abajo sobre papel durante 48 horas para verificar su estanqueidad.

6. Los frascos que no pierden se almacenan en lugar fresco y oscuro, y los que pierden se consumen en el término de una semana guardados en heladera.

En la Figura 50 se muestra una secuencia para la elaboración de conservas de hongos, en este caso son hongos envasados con una solución de ácido cítrico previo escaldado con la misma solución.



Preparación previa: lavado, cortado, etc.

Escaldado ácido

Enfriado y escurrido

Preparación del líquido de cobertura y llenado del frasco con hongos y el líquido de cobertura

Tapado y pasteurizado

Enfriado y prueba de hermeticidad (se observa que el frasco presentado no posee cierre hermético ya que se mojó el papel).

Figura 50: Secuencia para la elaboración de conservas de hongos (caso de hongos previo escaldado ácido y con líquido de cobertura con ácido cítrico)

Si bien la secuencia mostrada en la Figura 50 se refiere a un caso particular, para cualquier conserva siempre se opera del mismo modo, lo único que cambia es el modo de preparación previa y eventualmente el líquido de cobertura.

Obsérvese que en todas las recetas de conservas de hongos siempre aparece una etapa de escaldado aunque a veces no es necesario. Ello es debido a que los hongos cuando se tratan térmicamente disminu-

yen mucho su volumen, y si no se efectuara el escaldado los frascos siempre se verían con falta de hongos.

A continuación en la Figura 51 se presentan algunas conservas de hongos.

Suillus en escabeche y en aceite con condimentos *(Gentileza Establecimiento El Arrayan. El Hoyo - Chubut)*

Suillus escaldado con una mezcla de agua y vinagre 1 a 1 y puesto en salmuera liviana *(Gentileza Establecimiento El Arrayan. El Hoyo - Chubut)*

Agaricus campestris en solución de ácido cítrico previo escaldado ácido *(Gentileza Sra. M.C. Esteban. El Bolsón - Río Negro)*

Suillus en aceite con condimentos *(Gentileza Establecimiento Ma. Petty. Huinganco - Neuquén)*

Suillus deshidratados, humectados, acidificados y puestos en aceite comestible con condimentos *(Gentileza Sra. Griselda Lazcano. San Martín de los Andes - Neuquén)*

Pleurotus fileteados en escabeche *(Gentileza Establecimiento Palazzello Fungí. Lomas de Zamora - Buenos Aires)*

Figura 51: Algunas conservas de hongos

Por último, y con el propósito de brindar algunos ejemplos del uso de hongos comestibles en gastronomía se presentan algunas recetas de cocina (extraídas de la página web: www.guiamiguelin.com).

Champiñones rellenos

Figura 52: Agaricus rellenos *(extraída de la pagina web: www.guiamiguelin.com)*

Ingredientes	Preparación
- 12 champiñones *- 125 g de hígados de pollo picados* *- 2 cucharaditas de aceite* *- 1 cebolla pequeña* *- 1 huevo* *- 1 cucharada de pimiento rojo* *- 1 cucharada de perejil* *- 60 g de jamón serrano* *- 1 cucharada de vino blanco* *- Sal* *- Pimienta negra*	***- Limpiar los sombreros de los champiñones.*** ***- Colocarlos hacia arriba en una fuente refractaria.*** ***- Preparar el relleno rehogando en una sartén los hígados de pollo, la cebolla, el pimiento rojo, el perejil y el jamón serrano todo muy picadito.*** ***- Agregar el vino blanco.*** ***- Salpimentar.*** ***- Rellenar los champiñones con la preparación anterior.*** ***- Poner la fuente en el horno a temperatura media.*** ***- Cocinarlos de 20 a 30 minutos.*** ***- Servir caliente***

Morchellas rellenas

Ingredientes

- 350 g de Morchella
- 50 g de jamón crudo
- 100 cm^3 de aceite
- 2 ajos
- Perejil
- 2 cucharadas de vino blanco
- 1 huevo
- 1 cucharada de harina
- 1/4 litro de caldo
- 1 cucharada de concentrado de carne

Preparación

- Limpiar bien los hongos.

- Hacerles un corte a lo largo.

- Mezclar bien el jamón, los ajos y el perejil todo muy picado.

- Agregar el vino blanco y el huevo batido.

- Rellenar las Morchellas.

- Freírlas en aceite en una sartén cuidando de que no se salga el relleno.

- Ponerlas en una cazuelita.

- En 3 cucharadas del aceite sobrante de la fritura, echar la harina, el caldo y el concentrado de carne.

- Cubrir con ello los hongos rellenos y cocinar 10 minutos.

Merluza con Suillus luteus *(adaptada)*

Ingredientes	Preparación
- 1 merluza de 2 kg. *- 400 g de Suillus luteus* *- 100 cm^3 de aceite de oliva* *- 6 echalotes* *- 1 cucharada de concentrado de tomate* *- 1 cucharada de estragón* *- 1 cucharada de tomillo* *- Sal* *- Pimienta*	***- Limpiar muy bien la merluza, lavarla con agua fría y secarla con papel absorbente.*** ***- Untarla por dentro con un poco de aceite y sazonar con tomillo sal y pimienta. Salpimentar por fuera y disponerla en una fuente de horno.*** ***- Reservar 50 cm^3 de aceite y regar la merluza con el resto.*** ***- Agregar las echalotes peladas y enteras y colocar la fuente en el horno precalentado a 200°. Hornear durante 25 minutos aproximadamente.*** ***- Mientras tanto, limpiar y trocear los hongos.*** ***- Calentar el aceite reservado y saltear los hongos durante un par de minutos a fuego medio, dándoles la vuelta de vez en cuando con una cuchara de madera.*** ***- Agregar 1 vaso de agua y el concentrado de tomate. Mezclar y salpimentar.*** ***- Diez minutos antes de terminar la cocción del pescado incorporar los hongos salteados.*** ***- Al servir espolvorear un poco con el estragón picado.***

Espaguetis con Morchella

Ingredientes	Preparación
- 600 g de espaguetis *- 300 g de Morchella* *- cm^3 de aceite de oliva* *- 2 dientes de ajo* *- 1 frasquito de anchoas en aceite* *- 75 g de queso parmesano* *- Orégano* *- Sal* *- Pimienta*	***- Cocinar los espaguetis al dente en abundante agua con sal. Escurrirlos muy bien y reservar calientes.*** ***- Limpiar y lavar bien los hongos. Escurrir las anchoas del aceite y picarlas.*** ***- Calentar el aceite en una sartén antiadherente y rehogar los dientes de ajo pelados y muy picados con las anchoas.*** ***- Colar el aceite y ponerlo en una cazuela de fondo grueso.*** ***- Agregar los hongos y saltearlos durante un par de minutos y salpimentar ligeramente.*** ***- Incorporar los espaguetis, los ajos, las anchoas y el orégano.*** ***- Mezclar bien, espolvorear con el queso parmesano rallado y servir.***

Bife de chorizo con Pleurotus ostreatus o guírgolas
(adaptada)

Ingredientes	Preparación
- 1kg de Bife de chorizo de Ternera *- 250 g de Pleurotus ostreatus medianos* *- 80 cm^3 de Crema de leche* *- 80 cm^3 de Vino Oporto* *- Pimienta* *- Sal* *- Aceite*	***- Limpiar el bife de grasas y nervios, cortar 4 porciones de 250g*** ***- Salpimentar y recubrir los trozos de carne en harina, eliminando el exceso. En una sartén con aceite de oliva dorar la carne. Retirar el aceite dejando una pequeña cantidad.*** ***- Añadir los hongos trozados en la misma sartén con la carne y dejar rehogar durante cinco minutos. Sacar la carne de la sartén y añadir la crema de leche y dejar hasta que se reduzca y tome la consistencia de salsa.*** ***- En un plato colocar la carne y añadir la salsa. Servir bien caliente***

Budín de hortalizas con Lentinula edodes o Shiitake *(adaptada)*

Ingredientes	Preparación
- 250 g de Chauchas tiernas *- 250 g de Zanahorias* *- 250 g de Batatas* *- 100 g de Shiitake* *- Huevos* *- Manteca* *- Pimienta* *- Sal*	***- Cocinar las hortalizas con la mitad de los hongos, una vez cocidas se trituran formando un puré y se reservan.*** ***- El resto de los hongos se cortan y fríen con manteca, se agregan al puré confeccionado anteriormente.*** ***- Una vez todo junto, se añaden los huevos batidos y se condimenta con sal y pimienta.*** ***- Poner en un molde al baño maría durante unos 20 minutos en el horno a una temperatura de 190º,*** ***- Una vez cocido se deja enfriar y cuando esté frío, se desmolda y se sirve.***

Comer hongos, además de ser un placer, puede convertirse en una sana costumbre ya que poseen muchas propiedades nutritivas y medicinales (Curvetto, 2005; Figlas, 2005; Gennari, 2005)

Bibliografía citada y consultada

Alexopoulos C.J. y **Mims C.W.**, (1985). Introducción a la Micología 3ra Ed. Ed. Omega, Barcelona, 638 pp

Alexopoulos C.J.; **Mims C.W.** y **Blackwell M.**, (1996). Introductory Mycology 4th. Ed. John Wiley & Sons, New York, 869 pp

Arora D. (1986). Mushrooms demystified. Ten Speed Press, Berkeley, 959 pp

Bernardi, I.; **Vullioud, M.**; **Márquez, C.A.** y **De Michelis, A.** (2001) Cambios de volumen y área durante la deshidratación de frutos enteros del Prunus cerasus. Memorias del 8° Congreso Latinoamericano de Transferencia de calor y Materia. Latcym 2001. Veracruz, México, Febrero. ISBN 698-5401-00-4. Pp. 197-200

Bernardi, I.; **Vullioud, M.**; **Márquez, C.A.** y **De Michelis, A**. (2001) Changes of volume and area during air dehydration of whole rose hip fruits. Proceeding of 3rd Mercosur Congress on Process System Engineering, ENPROMER 2001, Vol. III, pp: 1447 - 1452

Braaksma, A.; **Schaap, D.J.** y **Schipper, C.M.A.** (1999). Time of harvest determines the post harvest quqlity of the common mushroom Agaricus bisporus. Postharvest Biology and Technology, 16: 195-198

Butin, H. 1983. Krankheiten der Ward- und Parkbäume. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 216 pp

Ciappini, M.C.; **Gatti, B.** y **Lopez Zamora, M.L.** (2004). Caracterización nutricional de Pleurotus ostreatus cultivados en dos sustratos diferentes. Libro de resúmenes del Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Córdoba - Argentina, 24 al 26 de Noviembre

Cheftel, J.C. y **Cheftel, H.** (1976). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol I. Ed. Acribia, España, 333 pp

Código Alimentario Argentino (1999) y sus actualizaciones

Conservación casera. Publicación del INTA, EEA Trelew. Anónimo

Curvetto, N.R. (2005) Los hongos superiores y sus aplicaciones biotecnológicas. Actas de las Primeras Jornadas Argentinas sobre Biología y Cultivos de Hongos Comestibles y Medicinales. Chascomus - Buenos Aires - Argentina, 7 y 8 de Julio. Pp. 8-13

De Michelis, A. (1993) Conservación de frutas y hortalizas. Fundamentos y procedimientos a pequeña escala. Publicado Por INTA EEA Bariloche y Min. de Acción Social de la Nación., 69 pp

De Michelis, A. (2002) Conservación de frutas y hortalizas. Fundamentos y procedimientos hogareños y comerciales de pequeña y mediana escala. Edición del autor. ISBN N° 987-435742-8, 374 pp

De Michelis, A. (2005) Elaboración y Conservación de Hongos Comestibles. Actas de las Primeras Jornadas Argentinas sobre Biología y Cultivos de Hongos Comestibles y Medicinales. Chascomús - Buenos Aires - Argentina, 7 y 8 de Julio. Pp. 80-91

De Michelis, A. y **Rajchenberg, M.** (2002) Hongos Comestibles. Ciclo Biológico, Recolección y Conservación. Cuadernillo Técnico N° 3. Edición del INTA AER El Bolsón

Desecación de frutas al sol. (1979) Publicación de INTA EEA Mendoza, anónimo, 54 pp

Donath, E. (1992) Elaboración artesanal de frutas y hortalizas. Ed. Acribia. España, 135 pp

Figlas, N.D. (2005) Propiedades Nutricionales y Medicinales de los Hongos Superiores. Actas de las Primeras Jornadas Argentinas sobre Biología y Cultivos de Hongos Comestibles y Medicinales. Chascomús - Buenos Aires - Argentina, 7 y 8 de Julio. Pp. 25-31

Forsyth, F.R.; **Lockhart, C.L.** y **Eaves, C.A.** (1978) Home storage room for fruits and vegetables. Information services. Canada Department of Agriculture. Cat. N° A53, 76 pp

Gamundí, I.J. y **Horak, E.**, (1995). Hongos de los bosques andino - patagónicos. Vázquez Mazzini editores. Bs. As. 136 pp

García-Pascual, P.; **Sanjuán, N.**; **Melis, R.** y **Mulet, A.** (2005) Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling. Journal of Food Engineering. In press

Gennari, J.L. (2005) Effect of Agaricus Brasiliensis Dietary Supplementation on Natural Killer Cell Count of Cancer Patients. Actas de las Primeras Jornadas Argentinas sobre Biología y Cultivos de Hongos Comestibles y Medicinales. Chascomus - Buenos Aires - Argentina, 7 y 8 de Julio. Pp. 43-44

Hersom, A.C. y **Hulland, E.D.** (1984) Conservas alimenticias. Ed. Acribia. España, 451 pp

Komanowsky, M.; **Talley, F.B.** y **Eskew, R.K.** (1970). Air drying of cultivated mushroom. Food Technology, 24: 1020-1024

Kyle, R.J.; **Gresham, W.A.**; **Collum, Ch.E.** (1964) Petites Conserveries. Ed. Dunod, Paris, 277 pp

Landecker, E.M. (1996). Fundamentals of the Fungi 4th Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River (NJ), 574 pp

Márquez, C.A.; **De Michelis, A.**; **Salvadori, V.O.** y **Mascheroni, R.H.** (1996) Application of transfer functions to the thermal processing of particulate foods enclosed in liquid medium. Journal of Food Engineering, 38: 189-205

Martínez Pintos, W. (1944) Hortalizas en conserva. Ed. Atlántida, Argentina, 314 pp

Mulet, A.; **García-Pascual, P.**; **Sanjuán, N.** y **García-Reverter, J.** (2002) Equilibrium isotherms and isosteric heat of morel. Journal of Food Engineering, 53: 75-81

Mulet, A. (2003). Equilibrium isotherms of Boletus edulis. Comunicación personal

Rao, M.A. y **Rizvi, S.S.H.** (1986) Engineering properties of foods. Ed. Marcel Dekker. USA, 398 pp

Rahman, S. (1995) Food properties handbook. Ed. CRC Press, USA, 500 pp

Raven P.H., **Evert R.F.** y **Eichorn S.E.** 1992. Biology of Plants, 5th Ed. Worth Publ., New York, 791 pp

Roby, H.R. (1969) Conservación de frutas y hortalizas. Publicación INTA EEA Mendoza, 223 pp

Sanjuán, N.; **García-Pascual, P.**; **Campos, M.**; **García-Reverter, J.** y

Serrano Rodríguez, P. (1993) Pequeño secador solar de alimentos. Chile Agrícola, Enero-febrero-marzo, 24-27
Sorzio, A. (1973) Frutas y verduras en conserva. Ed. Círculo de Lectores. España, 249 pp
Van Arsdel, W.B.; **Copley, M.J.** y **Morgan, A.J.** (1973) Food dehydration. Vol 1 y 2. Ed. AVI, USA, V1 347 pp; V2 529 pp
Varoquaux, P.; **Gouble, B.**; **Barro, C.** y **Yildis, F.** (1999). Respiratory parameters and sugar catabolism of mushroom (Agaricus bisporus Lange). Postharvest Biology and Technology, 16: 51-61
Vullioud, M., Márquez, C.A. y **De Michelis, A.** (1999) Deshidratación y cambios de volumen en frutos no tradicionales. Publicado en Actas del VIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Rafaela, Santa Fe, Mayo. Publicado en CD, trabajo N° a1 - 04
Wright J.E. y **Albertó E.** (2002). Hongos, guía de la región pampeana. I, Hongos con laminillas. LOLA, Buenos Aires, 279 pp
Zuppi, J.C. (1989) Secadero económico de frutas y hortalizas. Rev. Presencia. Año III, N° 18, 33

EDICIONES INTA
Estación Experimental Bariloche
Agencia de Extensión Rural El Bolsón
Centro Regional Patagonia Norte

Modesta Victoria s/n - Paraje Villa Verde - Provincia de Río Negro
Dirección Postal: Casilla de Correo 277 - (8400) San Carlos de Bariloche - Provincia de Río Negro
República Argentina.
Copyright INTA, Febrero 2006

La reedición revisada y actualizada de este libro viene a satisfacer una demanda permanente de información sobre hongos comestibles. La reconocida trayectoria de los autores torna redundante cualquier presentación que quiera hacerse de los mismos, pero sí parece necesario hacer algunos comentarios sobre los contenidos de la presente edición.

En **"Conservación de hongos comestibles"** se logra una interesante conjugación de información científica y utilización gastronómica de los hongos. Esta simbiosis entre el conocimiento de la biología de los hongos, su interrelación con el medio ambiente, los actores que intervienen en su recolección y conservación y quienes integran los sabores únicos de los hongos en exquisitos preparados, que son degustados por exigentes gourmets, hacen que este libro sea una importantísima contribución a una sociedad mas comprometida con la naturaleza y los productos naturales.

La vida moderna nos ha llevado a consumir preferentemente comidas industrializadas y a descuidar ese viejo arte de la comida artesanal que nos permite siempre lograr nuevas combinaciones de sabores con productos naturales y sanos. Los hongos están ahí, en la naturaleza, sólo hay que saber recogerlos (preservando su existencia) o cultivarlos, procesarlos y almacenarlos hasta el momento de su consumo como nos enseñan **Mario Rajchenberg** y **Antonio De Michelis** en un libro ameno, serio y sumamente didáctico.

Dr. Ernesto Domingo
Director EEA Bariloche del INTA

ISBN:N° 1667-4006

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria Bariloche
Modesta Victoria s/n, Paraje Villa Verde - S.C. de Bariloche
Provincia de Río Negro - República Argentina