



**Programa de Servicios Agrícolas Provinciales -PROSAP-
Proyecto de Desarrollo de la Agricultura Orgánica
-PRODAO-**

Componente de Desarrollo Agroindustrial

*"Alternativas de Aplicación del Proceso de Liofilización en Frutas y
Hortalizas compatible con la Normativa Orgánica"*



PRODAO

Índice

1. Introducción.....	3
1.1 Producción primaria de alimentos	3
1.2 Agregado de valor a la producción primaria.....	4
2. Desarrollo.....	6
2.1 Conceptos básicos de la Liofilización.....	6
2.2 Liofilización alimentaria.....	9
3. Resultados de Ensayos de Liofilización en frutas y hortalizas orgánicas.....	14
3.1 Condiciones para la realización de los ensayos de Liofilización.....	14
3.2 Primer Ensayo de Cereza.....	14
3.3 Segundo Ensayo de Cerezas.....	17
3.4 Ensayo de Manzana	20
3.5 Ensayo de Frutilla	23
3.6 Ensayo de Papa.....	25
4. Conclusiones generales del Trabajo.....	28
5. Bibliografía	29

1. Introducción

El presente documento se redacta basado en un trabajo de investigación realizado en el en el marco del Proyecto de Desarrollo de la Agricultura Orgánica -PRODAO- denominado “*Alternativas de Aplicación del Proceso de Liofilización en Frutas y Hortalizas compatible con la Normativa Orgánica*”.

En relación a la importancia de avanzar en los procesos de agregado de valor, se entiende que una de las alternativas tecnológicas posibles de abordar para el procesamiento de frutas y verduras, está vinculada con el proceso de Liofilización.

Este método, llamado en inglés freeze-drying (secado congelado) es el proceso por el cual el agua es eliminada de un producto congelado pasando directamente del estado sólido (hielo) al estado de vapor. Estas transformaciones entre el estado sólido y el vapor reciben el nombre de sublimación, y son producidas a bajas temperaturas y presiones.

En tal sentido, si el secado es el método más antiguo de preservación de alimentos, el “secado congelado” es el mejor y más moderno método de hacerlo permitiendo entonces una vida útil del producto, **preservando sus cualidades originarias**, que lo haga transable en los mercados más distantes y a la mayor cantidad de consumidores posibles. .

En la década del '60 la liofilización comenzó a aplicarse a algunos productos alimenticios y resultó ser la mejor manera de conservar alimentos. En la revista Scientific American se relatan experiencias realizadas en la década del '90 sobre guisos de carne liofilizados conservados a temperatura ambiente durante 25 años y que presentaron buen sabor textura y valores nutricionales.

Pero el costo del proceso de liofilización, si bien no es restrictivo para la industria farmacéutica, si lo fue para la industria alimentaria. Y la comida liofilizada fue reservada para usos especializados, como para los astronautas, las fuerzas armadas, actividades al aire libre, etc. Solo el café soluble fue un alimento liofilizado de difusión masiva.

Sin embargo, en los últimos años, ingredientes de sopas instantáneas, langostinos y otros alimentos liofilizados de alto valor están arribando exitosamente a los mercados de distribución masiva.

1.1 Producción primaria de alimentos

Es importante también observar los cambios en los hábitos y preferencias alimentarias de la población asociados a un consumidor cada vez más informado y concientizado, que incorpora al concepto de calidad, atributos vinculados al tema de prevención de la salud, contenido ético: conservación del medio ambiente, cambio climático, responsabilidad social, etc. En respuesta a esto vemos como a nivel mundial ha venido creciendo a tasas muy importantes la actividad vinculada a la Producción Orgánica.

En definitiva, con la adopción de nuevas tecnologías el productor debería mejorar los métodos de comercialización de la producción primaria, para lo cual será necesario avanzar en la cadena agroindustrial, en busca de mejorar los precios de venta y desestacionalizar la oferta de los mismos.

Dichas tecnologías son aquellas que evidentemente permiten la **conservación de los alimentos**, soslayando la condición de perecederos permitiendo la distribución a través de las distancias.

En aquellas regiones donde las producciones resultan de las mejores por sus condiciones ecológicas, como por ejemplo en el caso de hortalizas y frutas o cultivos especiales, las mismas se hallan limitadas no solo por la insuficiencia de los medios técnicos que permitan la industrialización regional, sino también por la colocación de esos productos en los mercados nacionales de gran consumo o los mercados de exportación.

El comercio de alimentos, a nivel global, ha sufrido grandes transformaciones como respuesta al cambio en los hábitos y en la vida cotidiana de los consumidores. La diferenciación de productos es la clave para acceder a los nuevos clientes de distintos nichos de mercado, atendiendo y dando satisfacción a sus necesidades.

En este sentido se considera necesario potenciar las ventajas comparativas de nuestro país, fundamentalmente aquellas asociadas con el imaginario del consumidor externo que asocia a la zona con el concepto de natural; como del consumidor local al concepto de producto fresco, y el efecto directo de dichos aspectos en la percepción que el consumidor detenta hoy sobre el concepto de calidad, poniendo en valor el atributo adquirido de las producciones orgánicas.

1.2 Agregado de valor a la producción primaria

El proceso de agregado de valor de la producción primaria, asume diversas formas y características, desde las más primitivas de selección y empaquetado, hasta las muy evolucionadas a partir de uso de tecnologías y procesos complejos.

La técnica de conservación por liofilización fue incorporando los más avanzados conocimientos físicos, químicos y biológicos, superando claramente la etapa de laboratorio o experimentaciones piloto, permitiendo lograr:

- La conservación de los productos primarios.
- La transformación de los mismos en nuevas formas comerciales, que conservan sin embargo aquellas cualidades nutritivas y organolépticas que los caracterizan como alimentos.

Estos productos así transformados son de mas fácil comercialización, en cuanto a que en su nueva forma pueden alcanzar el mayor número de consumidores que lo que pueda brindar el marco regional solamente.

Por otra parte la transformación exige la estabilización de las cualidades de las materias primas involucradas, lo cual promueve la necesidad de aplicación de las mejores técnicas agronómicas o pecuarias. Por lo tanto es inevitable la mejora de las producciones primarias, así como el incremento de los rendimientos unitarios.

En consecuencia el proceso de agregado de valor a nivel regional se traduce en:

- Valorización y potenciación de las producciones primarias.
- Estandarización de los productos.
- Diversificación de los mismos.
- Incremento de la comercialización.

- Valorización de los productos.
- Incorporación de valor agregado a la economía regional.
- Incremento de la demanda de mano de obra local
- Participación activa de la región en el desarrollo nacional.
- Creación de bienes de valor con proyección internacional.

La premisa que rige es que ningún procesamiento pudo lograr que un producto elaborado supere al producto fresco. En efecto, la aceptación de un alimento procesado implica la permanencia de aquellas cualidades organolépticas y nutritivas originales del producto fresco.

La tecnología pudo lograrlo con mayor o menor grado, dependiendo del producto, del procesamiento y del objetivo perseguido. Mediante la aplicación de estos procesos puede lograrse entonces diferir el consumo, superando la valla de la estacionalidad, y por ende de la distancia. Se supera así la cualidad perecedera de los alimentos.

2. Desarrollo

2.1 Conceptos básicos de la Liofilización.

2.1.1 Definición

La liofilización, llamada en inglés freeze-drying (secado congelado), es el proceso de deshidratación por el cual el agua es eliminada de un producto congelado pasando directamente del estado sólido (hielo) al estado vapor. Estas transformaciones entre el estado sólido y el vapor reciben el nombre de sublimación y son producidas a bajas temperaturas y presiones. Al ser una deshidratación desde el estado congelado, constituye el mejor sistema de preservación de productos biológicos sin cadena de frío evitando el crecimiento de microorganismos (hongos, moho, etc.), inhibiendo el deterioro por reacción química (cambio de sabor, aroma, pérdida de propiedades fisiológicas), facilitando la distribución y el almacenamiento (no es necesario mantener cadena de frío). Para el caso de los alimentos tiene otras dos virtudes trascendentes, el producto no cambia de forma y es fácilmente rehidratable.

2.1.2 Antecedentes

Los primeros antecedentes conocidos de la preservación de alimentos mediante la deshidratación en frío provienen de la cultura inca, en el altiplano andino. En esas planicies extremadamente secas de Sudamérica, a 4.000 m sobre el nivel del mar, los nativos acostumbraban a depositar las papas en el suelo. Durante la noche las papas se congelaban por la baja temperatura ambiente y durante el día el sol y el viento seco producían la sublimación del agua. El producto, aún realizado de la misma manera en nuestros días, se llama Chuño. Lo propio hacían los vikingos con el pescado, ambos procesos podrían considerarse como una "protoliofilización", pero sirvieron para el desarrollo siglos después de la liofilización.

2.1.3 La tecnología Industrial

La tecnología industrial de la liofilización fue desarrollada durante la segunda guerra mundial para preservar el plasma humano sin requisitos de cadena de frío y, a partir de ese momento, alcanzó amplias aplicaciones en la industria farmacéutica para la conservación de antibióticos, cepas de bacterias, proteínas, etc. y desde hace más de treinta años en la industria alimentaria.

El proceso industrial consiste básicamente en introducir el producto en una cámara y realizarle vacío rápidamente. Debido a la disminución de la presión, el agua contenida en el material se congela, en ese punto se comienza a suministrar calor (calor latente de sublimación, alrededor de 550 Kcal/Kg), manteniendo el vacío para aumentar la velocidad de sublimación del hielo. Esto se realiza por medio de la radiación infrarroja proveniente de placas calefactoras ubicadas cercanas al producto. Los niveles de vacío y calentamiento varían según el producto a tratar.

En las instalaciones industriales existentes el vacío se logra mediante la combinación de bombas de vacío y grandes "trampas frías" operando a -40 ó -50°C, para congelar el

agua que se extrae del producto y reducir la presión de la cámara (este condensador recibe el nombre de desublimador).

En este esquema aparecen tres factores que aumentan los costos de la liofilización:

- El sobredimensionamiento del condensador y del sistema de refrigeración
- La energía necesaria para sublimar el agua desde el producto, desublimarla en el condensador y fundir el hielo resultante para tener el condensador listo para el ciclo siguiente.
- Altos costos de mantenimiento relacionados con las bombas mecánicas y el equipo de refrigeración de baja temperatura necesario para el condensador.

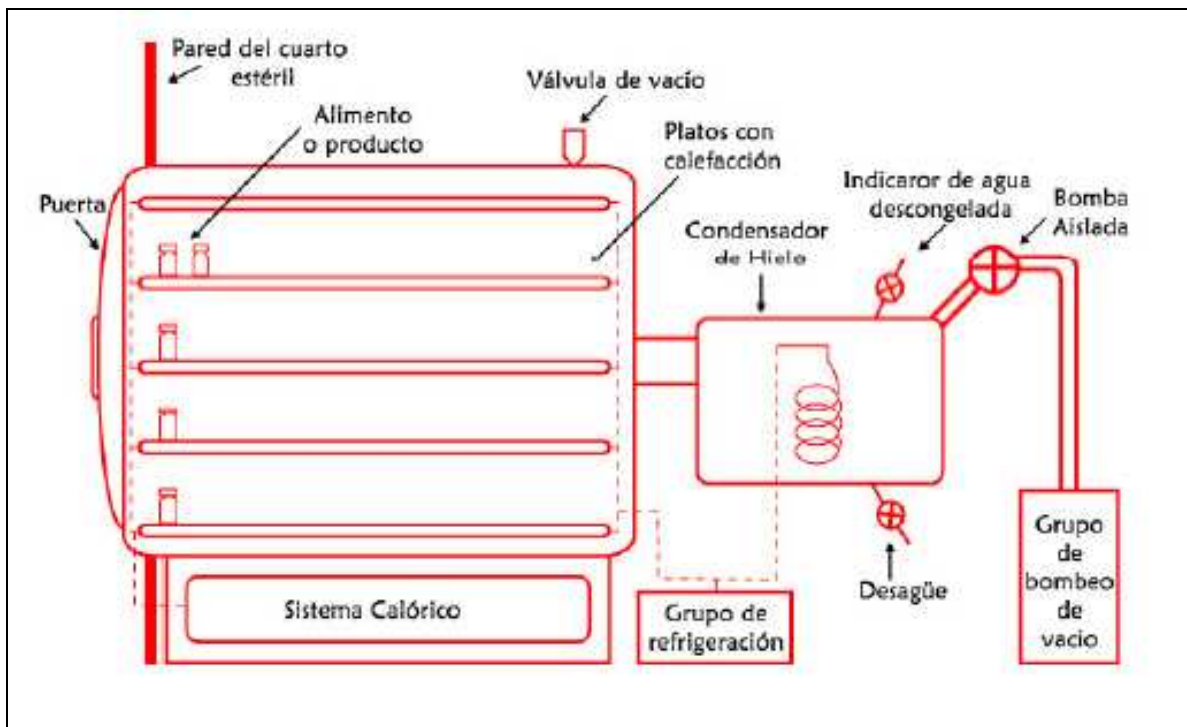


Figura 1. Esquema simplificado de equipo de Liofilización.

Lo descrito corresponde a las estrategias convencionales de Liofilización existiendo diferentes firmas proveedoras de equipos en Argentina y el mundo de variadas dimensiones (capacidad de carga – extracción).

Actualmente en la provincia de Chubut, existe una planta de Liofilización innovadora que reemplaza las bombas mecánicas por una cadena de eyectores para extraer vapor; esto elimina el sistema criogénico resultando económicamente conveniente, fácil de operar y de bajo costo de mantenimiento.

La adopción de eyectores para realizar el vacío se debe a que son equipos pasivos, sólo requieren vapor para funcionar, de muy bajo mantenimiento y de gran sencillez en su operación. Para que funcionen sólo se requiere vapor de agua, por lo que el insumo principal de la instalación es el gas natural.

Un eyector consiste en una cámara donde se inyecta vapor a alta velocidad, sus moléculas impactan contra las de vapor que estaban en la cámara, transfiriéndole un impulso en la dirección de la eyección. Esta corriente fluida (la del vapor inyectado y la del que estaba en la cámara) ingresan a una sección convergente / divergente, donde se van desacelerando y aumentando su presión, finalizando con una presión de descarga del orden de diez veces a la de la cámara de inyección.

Como cada eyector permite comprimir el fluido aspirado a una presión hasta diez veces superior en su descarga, hacen falta cuatro ó cinco eyectores en serie para poder aspirar vapor a 500 micrones de Hg (0,5 Torr) y descargarlo a la atmósfera.

En la planta donde se realizaron las experiencias se utilizó como sistema de vacío una cascada de cinco eyectores en serie intermediados por un condensador barométrico luego de la tercera etapa y un condensador barométrico a la salida del último eyector. Esta disposición permite ahorrar energía y reducir el volumen de vapor efluente. Ambos condensadores barométricos reciben una lluvia de agua que proviene de una torre de enfriamiento. Este sistema permite efectuar el vacío requerido para la operación del liofilizador extrayendo un caudal de vapor del orden de los 150-200 Kg. por hora.

El conjunto de liofilización se compone también de un recipiente de liofilización (tanque de 29 m²) con sus placas de calefacción y 110m² de bandejas para ubicar los alimentos a liofilizar.

Como el la liofilización de alimentos no se busca preservar la funcionalidad biológica (como en la industria farmacéutica) no es necesario trabajar a tan bajas temperaturas. Las temperaturas adecuadas y recomendadas para alimentos muestran que entre -15°C y -20°C es suficiente y por lo tanto el vacío a desarrollar no es tan alto. Si entonces la presión de trabajo es del orden de 1 Torr, no resultó necesario utilizar bombas mecánicas para evacuar la cámara de liofilización, la cascada de cuatro a cinco eyectores resultó suficiente, resultando lo siguiente:

- El vapor proveniente del producto que está siendo liofilizado es aspirado directamente por los eyectores a vapor. En consecuencia no se requiere condensador de pared fría ni su correspondiente sistema de refrigeración.
- No se requiere energía adicional para desublimar el vapor en el condensador y fundir posteriormente el hielo para dejar listo el condensador para el próximo ciclo.
- Como todo el sistema está basado en dinámica de fluidos, no hay partes móviles y el costo de mantenimiento es menor.

2.1.3 Diagrama de Fases

Para una mejor comprensión de la liofilización es conveniente considerar el diagrama de fases correspondiente a: el estado sólido *S*, al estado líquido *L* y al estado vapor *V*. Solo existe un punto donde las tres fases pueden coexistir, el punto triple *T*, a 0° C y 4,6 Torr (4.6 mm Hg). Por debajo de ese punto el estado líquido no existe y las transformaciones entre la fase sólida y la fase de vapor se denominan sublimación.

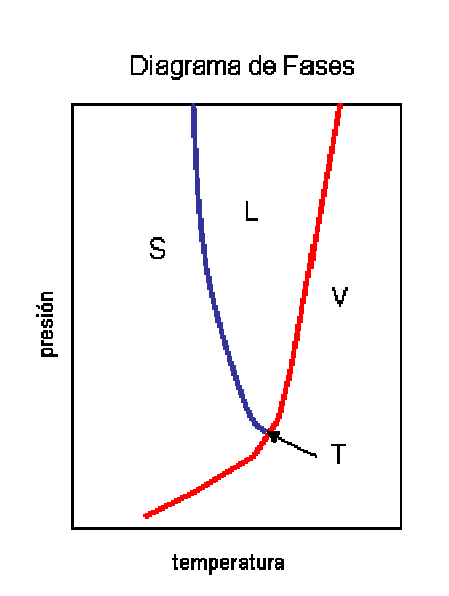


Figura 2. Diagrama de Fases

Si se trata de soluciones de sal en agua, el diagrama de fases se desplaza a la izquierda y el punto triple se obtiene debajo de 0°C . Esta diferencia se denomina descenso crioscópico y es proporcional a la concentración de sal.

En el caso de soluciones reales, las cosas son más complejas existiendo a veces más de una fase sólida y el diagrama se torna muy especializado y difícil de entender a primera vista. En el caso de los productos biológicos, la complejidad es aún mayor ya que el agua se encuentra en diversas situaciones: puede estar libre (como pequeñas gotas en la superficie); intersticial (entre distintas partes de la estructura); intercelular (entre células en cada parte de la estructura); intracelular (dentro de la célula); adsorbida en las pequeñas superficies de las fibras o siendo parte de las estructuras cristalográficas. El agua adsorbida y la cristalográfica (no considerada en estado líquido) no intervienen en el proceso de liofilización.

Para preservar la funcionalidad biológica, la estructura celular debe permanecer sin alteraciones durante el proceso, lo que implica asegurarse que el agua eliminada de todas las situaciones estaba congelada y no en estado líquido. Para asegurar esto, se requieren temperaturas del orden de los -100°C lo que implica presiones del orden de 10^{-3} Torr para producir la sublimación. Este es el caso de algunos productos farmacéuticos.

2.2 Liofilización alimentaria

2.2.1 Aspectos generales

En el caso de los alimentos no es necesario preservar toda su funcionalidad biológica como en los fármacos. Sólo es necesario mantener el sabor, el aroma, textura y valor nutricional.

Para este propósito trabajar con temperaturas del orden de los -15 a -20°C y presiones de 1 Torr es suficiente. Si sometemos frutas u hortalizas a estas temperaturas y presiones sucede que el producto se congela. La estructura de un producto congelado, y por

lo tanto sólido, no tiene movilidad y mientras el agua sublima no hay contracción formándose agujeros microscópicos. El resultado es una estructura de tipo esponja (la deshidratación que tiene lugar durante la liofilización es reversible porque la esponja mantiene su estructura original).

A medida que el calor se transmite desde las placas calefactoras, la esponja se forma en la parte externa del producto dejando un núcleo congelado. El espesor de la esponja aumenta a medida que el proceso avanza, aumentando el aislamiento térmico del núcleo helado y la velocidad de sublimación cae abruptamente hasta finalizar el proceso. Es el momento en que se aproxima la temperatura de placa y producto, por ello es fundamental en la liofilización de frutas y hortalizas manejar correctamente la temperatura de placas al final del proceso para evitar excesiva temperatura superficial del producto provocando pérdidas importantes de calidad.

Es interesante visualizar en un gráfico el sistema de placas calefactoras

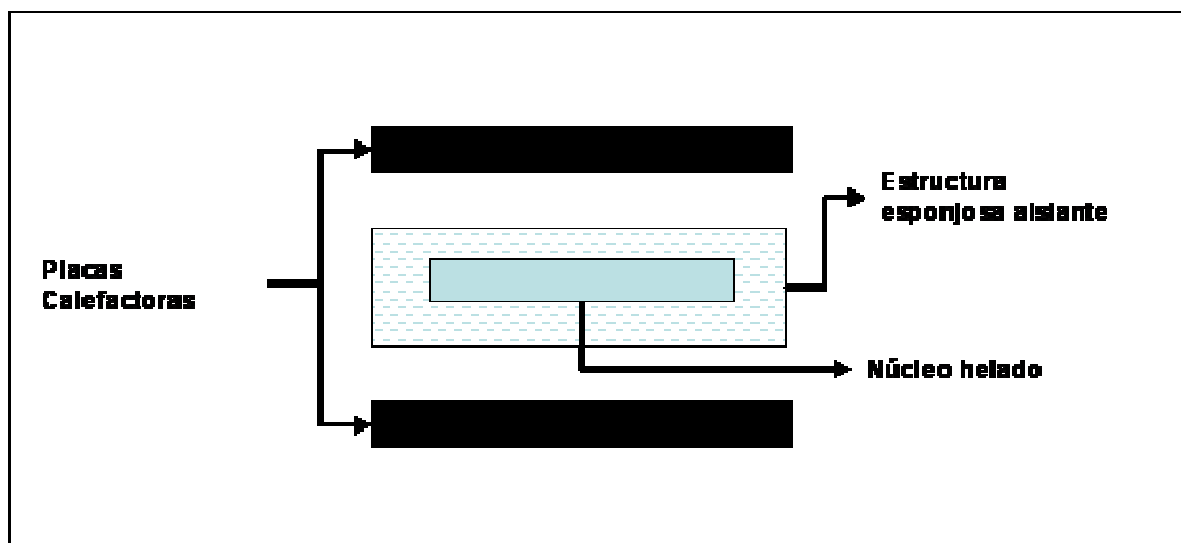


Figura 3. Sistema de Placas Calefactoras

2.2.2 Tiempo de proceso y velocidad de liofilización

Luego del retardo inicial, el proceso de liofilización sigue aproximadamente una ley de primer orden tal como: $M_e = 0$ para $t \geq T$, la cual se describe a continuación:

$$M_e = M_w (1 - e^{-k(t-T)}) \text{ para } t \geq T$$

Donde:

M_e es la masa de agua sublimada.

M_w es la masa inicial de agua.

k constante de velocidad del proceso.

T es el retardo del proceso (tiempo necesario para generar el vacío).

t es el tiempo de proceso = retardo + tiempo de liofilización.

La velocidad de sublimación es la masa sublimada por una unidad de tiempo = dme/dt .

Esta cambia durante el proceso, desde un valor máximo para $t = T$, disminuyen asintóticamente a cero para $t \rightarrow \infty$.

El tiempo de retardo T es siempre el mismo para una planta dada, pero la velocidad k depende de muchas variables tales como:

- Características del diseño (emisividad ϵ de las placas calefactores, factores geométricos)
- Características del producto (emisividad ϵ y conductividad λ del producto)
- Características de la carga (densidad superficial y porosidad)
- Características del proceso (presión de vacío y temperatura de las placas)

Para una planta dada y producto, es siempre posible cambiar la carga y las características del proceso para optimizar la producción.

Como el tiempo de liofilización es aproximadamente proporcional al cuadrado del espesor del producto, es conveniente reducir ese valor a un óptimo. En ese punto, la suma de los retardos producidos por la carga, la descarga y el tiempo de retardo son importantes en relación con los tiempos de liofilización.

La presión de vapor debe mantenerse por debajo de los dos Torr para asegurar la liofilización, pero para alcanzar buena calidad de producción se recomienda un valor medio del orden de 1 Torr, o aún menor.

La variable más significativa del proceso es la temperatura de las placas calefactores. Como el núcleo congelado del producto disminuye a medida que el proceso avanza, el espesor aislante alrededor del mismo crece y la temperatura superficial se aproxima a la de las placas calefactores. Por lo tanto la temperatura de las placas es la variable clave para alcanzar la mayor productividad con la mejor calidad del producto, esta temperatura varía en cada producto y por lo tanto también el tiempo de liofilización.

2.2.3 Ventajas de la Liofilización en la conservación de Frutas y Hortalizas

El proceso de liofilización, siendo un proceso de deshidratación, no actúa irreversiblemente sobre el alimento al cual se aplica, el que se mantiene fiel a sus características y propiedades originales.

Al finalizar el proceso, queda una estructura que conserva la forma y volumen pero que ha perdido peso y, cuando se le agrega agua, recupera textura, aroma y sabor original.

El alimento liofilizado se envasa en materiales impermeables a la humedad y al oxígeno conservando intactas sus propiedades por tiempos muy superiores a otros métodos y con costos de conservación menores por ser a temperatura ambiente.

Como proceso de deshidratación presenta atractivas características técnicas y comerciales. Como proceso de conservación de alimentos se destaca asimismo, por ofrecer los más grandes desarrollos posibles de conservación de cualidades organolépticas y nutritivas.

Con los procesos clásicos de conservación y específicamente de deshidratación, pueden ocurrir circunstancias controladas, o no, sobre:

- Caramelización de azúcares.
- Degradación de proteínas.
- Descomposición de colorantes.
- Variaciones de sabor.
- Pérdidas de aromas o sustancias volátiles.
- Destrucción parcial de vitaminas.

Cuando se apela a la refrigeración y específicamente a la congelación rápida se logra evitar la iniciación o continuación de dichos procesos. Pero esta acción de bloqueo requiere sin embargo el apoyo continuado de maquinarias e instrumental productor de frío en instalaciones o cámaras adecuadas.

En aquellas zonas o países donde se disponen estas facilidades, se dan las condiciones para el desarrollo de otro procesamiento usufructuando del bloqueo inicial por "frío" pero que elimine posteriormente la necesidad de aplicación sostenida de dicho frío.

Este procesamiento es la liofilización, que si se efectúa sobre alimentos congelados de manera adecuada, puede mantener perfectamente las características iniciales de los mismos.

En el caso de los productos hortícolas y frutícolas puede jugar un papel significativo en lo que a la conservación vitamínica se refiere y a la prolongación de su vida útil. Ello se debe a que el procesamiento no puede generar pérdidas en el mismo, las que se pueden detectar sobreviene en operaciones de procesado, es decir durante la preparación previa de los productos: pelado, blanqueado, acondicionado general.

Algunas de las ventajas que presenta el sistema:

- No altera las características del producto.
- Posibilidades de transporte y almacenamiento particularmente prácticas porque la cadena de frío deja de ser necesaria. Transporte y conservación a temperatura ambiente.
- Se transporta por volumen, no por peso, ya que el agua ha sido eliminada.
- Desaparición de los riesgos de alteración en relación a los productos congelados sometidos a ruptura de la "cadena de frío", desaparición de procesos de deterioro fúngico ó microbiano.

- Facilidades de utilización por simple rehidratación sea como materia prima para remanufacturarse, sea como producto de consumo inmediato.

De esta manera las ventajas enunciadas pueden transferir el plano económico un doble papel:

- Para la producción, por la valorización de las cualidades importantes constitutivas de los alimentos.
- Para el consumo, por la posibilidad de subvenir necesidades nutritivas fundamentales a costos adecuados.

3. Resultados de Ensayos de Liofilización en frutas y hortalizas orgánicas

3.1 Condiciones para la realización de los ensayos de Liofilización

Una vez que se recibió la fruta acondicionada y transportada de acuerdo a la normativa orgánica, se procedió a su preparación que consistió en las siguientes etapas:

- Peso Inicial
- Peso posterior al procesamiento (Lavado, pelado, descarozado, blanqueado)
- Congelamiento
- Acondicionamiento en Bandeja Porta producto
- Liofilización
- Peso Final.
- Envasado

Se realizó un bach (carga del equipo) de liofilización por cada especie, la definición de las pautas de proceso se realizaron a partir de los conocimientos propios en el mismo y experiencias publicadas de otros autores en el tema.

3.2 Primer Ensayo de Cereza.

Variedad utilizada: Celeste

Características de la variedad Celeste:

Calibre	Color	Pulpa	Firmeza	Forma	Grados Brix
26-28	Rojo caoba, corresponde 4 en tabla de color	Rosada	Media	Riñón, hombros prominentes	18

3.2.1 Condiciones para la realización de los ensayos de Liofilización en Cereza

Una vez que se recibió la fruta acondicionada y transportada de acuerdo a la normativa orgánica, se procedió a la toma de datos iniciales y procesamiento:

- Peso Inicial: 2,518 kg (Incluye carozo y pedúnculo)
- Peso posterior al procesamiento: 2,292 kg (sin pedúnculo ni carozo)
- Descarte: 0, 226 kg (8,97 %)

- Congelamiento: se congeló en cámara a -18°C en bandeja porta producto.
- Bandeja Porta producto: $36 * 34\text{cm}$, con una altura de $1,5\text{cm}$ de cerezas cortadas al medio, sin carozo ni pedúnculo.

3.2.2 Descripción del proceso de Liofilización en Ensayo de Cerezas.

Día 1: Temperatura de Producto: -18°C

Placa de Liofilización: a temperatura ambiente 20°C ., al momento de colocación de bandeja con producto.

Equipo de Liofilización: se había puesto en marcha cuatro horas antes, permitiendo que las paredes del condensador se encontraran a -40°C .

Se colocó sensor de temperatura en el producto.

Tiempo de entrada en vacío de sublimación (1,5 Torr): una vez cerradas las puertas del equipo se puso en marcha la bomba de vacío y se tardó quince minutos para obtenerlo.

Se considera vacío de sublimación hasta 2000 milímetros de Hg.

La temperatura del producto hasta la entrada a vacío subió 2°C (-16°C), en la entrada a vacío, llega a -25°C , se conecta calefacción, programando en el equipo el corte de temperatura de placa a 60°C , normalmente ocurre por inercia que oscila esta temperatura en $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

La definición de estas pautas se realiza en función de experiencias de liofilización propias y otros autores, teniendo en cuenta velocidades de sublimación adecuadas para lograr ciclos económicamente viables.

A 30 minutos de entrada en vacío la temperatura de placa alcanza los 60°C , producto a -25°C , presión oscilando entre 400 y 500 micrones (esta oscilación es común y está relacionada con la cantidad de vapor que se extrae en función de la oscilación de la temperatura de placa).

El producto fue ganando lentamente temperatura y a las 3 horas de entrada a vacío se encontraba en -12°C .

El Día 2 a las 9,30 horas el producto había llegado a 21°C , placa a 60°C pero al observarlo por el visor (puerta transparente) las mitades se encontraban contraídas (se produjo evaporación no sublimación)

Se decidió romper el vacío abrir y pesar. La pérdida de peso registrada era del 50% con respecto al peso inicial pero no era el resultado esperado en función de no haberse producido sublimación. Se colocó el producto en cámara de congelamiento, la temperatura a la que llegó fue -3°C , no bajando más (por la característica que ya presentaba de exceso de azúcares libres que dificulta la sublimación), reiniciándose el ciclo el mismo día a las 18 horas trabajando a temperatura inferior de placa (20°C).

Día 3: 13hs temperatura de placa 25°C , temperatura producto 16°C peso neto $0,648\text{kg}$, pero no se observa buen aspecto y proceso. A pesar de ello se decide continuar la experiencia hasta el día 4 a las 9 hs, retirándose el producto que se encontraba a 19°C , placa a 22°C , peso final $0,548\text{gr}$.

Dado el tiempo de proceso, los resultados que mostraron frutas muy contraídas, gomosas, claramente no se observó un proceso de sublimación sino de evaporación. Se dio por finalizado este primer ensayo y guardado el producto en cámara a -18°C, para realizar un nuevo ensayo en fecha próxima.

3.2.3 Pérdidas de Peso

Día 1: Peso inicial 2,292 Kg.

Día 2: Primera pesada: 1,042 Kg. (17 hs de proceso considerado a partir de entrada a vacío). Porcentaje de pérdida respecto original: 54,54%

Día 3: Segunda pesada: 0,648 kg. (19 hs de proceso a partir del congelamiento que hice después de descargarlo y congelarlo de nuevo). Porcentaje de pérdida con respecto a peso anterior: 37,81%. Porcentaje de pérdida con respecto al original: 71,72%.

Día 4: Tercera pesada: 0,548 19 hs a partir de 2º pesada. Porcentaje de pérdida respecto al anterior: 15,43%. Porcentaje de pérdida respecto al original: 76,09%. Peso remante: 23,91% (consistencia húmeda y gomosa). Aún conserva agua y no se justificó continuar por los problemas planteados en la descripción.

Horas totales de proceso: 55 hs (esto es un ciclo muy largo, poco viable por eso justificó la realización de un nuevo ensayo, ajustando parámetros de acondicionamiento previo y de proceso).

Datos tomados durante el proceso de Liofilización:

Fecha	Hora	Tº producto	Tº placa	Peso KG	Observaciones
Día 1	15,45	-18	20	2,292	
	15,30	-16	20		
	16	-18			Entrada vacío
	16,30	-25	60		
	19,30	-12	60		
Día 2	9	21	60	1,042	Baja y congela
	18	-3	20		
Día 3	13	16	25	0,648	
Día 4	9	19	22	0,548	Se descarga y mantiene en cámara

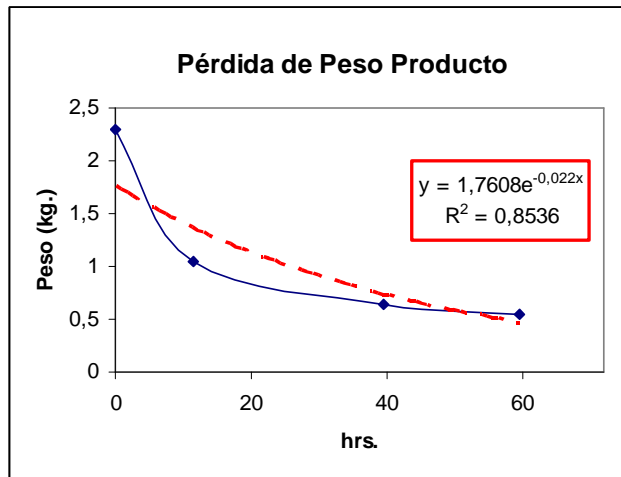


Figura 4: --- Tendencia de pérdida de peso

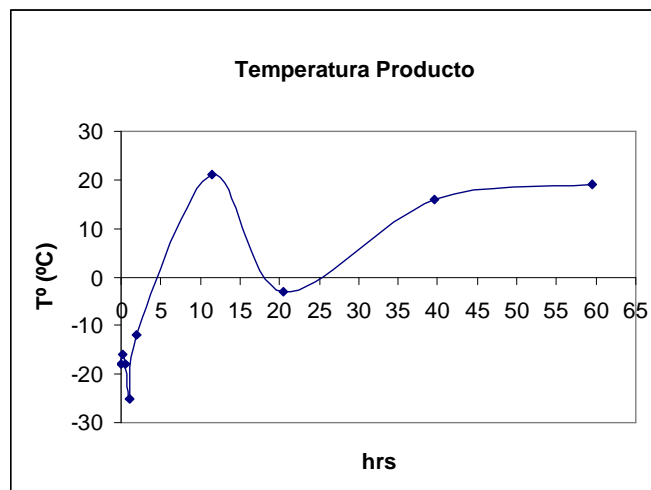


Figura 5: Temperatura de producto durante el proceso

3.2.4 Conclusiones del primer ensayo de Cerezas.

El principal problema que se afronta en el fruto de cereza es la epidermis impermeable del fruto, la superficie que se expone al proceso de sublimación (mesocarpio), como también las dificultades que representan los azúcares que se liberan en el proceso de corte y descarozado. Este tipo de fruto requiere pautas de manejo en el acondicionamiento que ameritan realizar un nuevo ensayo para implementarlas así como también trabajar con temperaturas de placas muy inferiores (20°C) para determinar si se puede sublimar el agua presente en el fruto de manera eficiente. Sin duda esta metodología aumentará mucho los costos de proceso, pero resultará válido poder efectuarlo nuevamente, por tratarse un fruto valorado en la fruticultura orgánica argentina.

3.3 Segundo Ensayo de Cerezas

Variedad utilizada: Bing

Características de la variedad Bing

Calibre	Color	Pulpa	Firmeza	Forma	Grados Brix
24-26	Rojo caoba, corresponde 4 en tabla de color	Roja	Alta	Riñón, hombros prominentes	20

3.3.1 Condiciones para la realización del segundo ensayo en Liofilización de Cereza

Una vez que se recibió la fruta acondicionada y transportada de acuerdo a la normativa orgánica, se procedió a la toma de datos.

- Peso Inicial: 3,000 kg (Incluye carozo y pedúnculo).
- Peso posterior al procesamiento: 2,380 kg (sin pedúnculo ni carozo).
- Descarte: 0, 620 kg (20,66%).
- Lavado de la fruta descarozada: se procedió al lavado con agua potable de red urbana sin agregado de aditivos. Este proceso se incorporó para reducir los niveles de liberación de azúcares posteriores al corte. Se utilizó una proporción 2,52 litros de agua potable por kilogramo de fruta cortada
- Peso Neto, posterior al lavado 2,444kg.
- Congelamiento: se congeló en cámara a -18 °C en bandeja porta producto.
- Bandeja porta producto: 36 * 34cm, con una altura de 1,5cm de cerezas cortadas al medio, sin carozo ni pedúnculo lavadas.

3.3.2 Descripción del proceso de Liofilización en el segundo Ensayo de Cerezas.

Temperatura de producto: -18°C. Se colocó hielo seco para mantener el frío del producto hasta alcanzar la presión de sublimación. Se considera presión de sublimación a 2000 micrones ó 2 mm Hg.

Se dispuso hielo seco por no contar el equipo con placas de refrigeración y para evaluar la conducta de la cereza en situación de mantenimiento de congelamiento.

Placa de calefacción a -28°C porque se colocaron barras de hielo seco, al momento de colocación de bandeja con producto.

Equipo de Liofilización: se había puesto en marcha cuatro horas antes, permitiendo que las paredes del condensador se encontraran a -40 °C.

Se colocó sensor de temperatura en el producto.

A las doce horas de iniciado el ensayo se realizó la primera pesada registrándose una pérdida de peso del 39,85%. Posteriormente se ingresó nuevamente la muestra al equipo colocando hielo seco sobre el producto. Vuelve a iniciarse el ciclo conectando la placa de calefacción, programando en el equipo el corte de temperatura de placa a 20°C, normalmente ocurre por inercia que oscila esta temperatura en más 5°C.

Esta estrategia se adoptó en función de los resultados de la experiencia anterior (trabajamos con placa a 60°C) dado que se priorizó en el primer ensayo la velocidad del proceso para que resultara económicamente viable. El resultado final no fue el esperado, planteando entonces esta disminución de temperatura de placa.

En el transcurso del ensayo se observó que aún con esta baja temperatura de placa el producto comienza a colapsar conservando humedad. Esto indica que no se consigue la sublimación por el alto contenido de azúcares en la cereza (los principales glucosa y fructosa), encontrándonos ante un proceso de transición vítrea. Debemos realizar una breve descripción de esta situación: el sólido cristalino se obtiene cuando la remoción de agua es lenta, dado que las moléculas de azúcar se pueden reordenar para formar una estructura cristalina. El cristal resultante se encuentra en un estado termodinámicamente estable, caracterizado por una movilidad molecular relativamente baja y muy poco espacio entre moléculas. Los sólidos amorfos se obtienen cuando las moléculas del soluto se inmovilizan mediante un congelamiento o una deshidratación rápida, como sucede en los procesos de liofilización o secado por spray. Como consecuencia de estos procedimientos, el sistema experimenta un rápido incremento de la viscosidad y por ende una importante disminución en la movilidad molecular. Las moléculas de soluto no pueden alcanzar configuraciones de equilibrio y por lo tanto no pueden organizarse para formar un cristal, sino que permanecen en forma desordenada o amorfa. Un sólido amorfo, dependiendo de la temperatura y de su contenido de agua, puede encontrarse en estado vítreo o en estado gomoso y su pasaje de uno a otro ocurre a una temperatura denominada Temperatura de Transición Vítrea (T_g). La transición vítrea se puede detectar por distintos métodos, siendo el más utilizado el de la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) que la detecta en base al cambio en el calor específico, ya que el calor específico es una de las propiedades que cambian en las cercanías de la transición vítrea.

3.3.4 Conclusiones del segundo ensayo de Cerezas.

Son varias las dificultades que plantea la liofilización de frutos de cereza, entre ellas la epidermis impermeable que necesariamente obliga a su corte y descaroado, la proporción de superficie expuesta a sublimación (mesocarpio) y las dificultades que representan junto con los azúcares presentes que nos conducen al tema de transición vítrea que se evidenció claramente.

En este segundo ensayo se evaluaron las pautas de acondicionamiento y liofilización planteadas en las conclusiones del primer ensayo, no obteniéndose el resultado esperado, tanto desde el punto de vista del producto final como la proyección de costos de un proceso industrial. De acuerdo a los resultados la experiencia no fue la esperada pero marcó los puntos a considerar en un planteo de deshidratación por liofilización en este producto.



Figura 6: Cerezas acondicionadas para su liofilización



Figura 7: Aspecto presentado por el fruto una vez finalizado el ensayo

3.4 Ensayo de Manzana

Variedad utilizada: Red Delicious

3.4.1 Condiciones para la realización del ensayo de Liofilización en Manzana

Una vez que se recibió la fruta acondicionada y transportada de acuerdo a la normativa orgánica, se procedió a la toma de datos iniciales y procesamiento:

- Peso Inicial: 1,885 kg
- Se procedió al triple lavado con agua de red.

- Se separaron 0,920 kg para corte en rodajas redondas y 0,965 kg para corte en gajos.

En el caso de las Rodajas redondas, el corte incluye semillas y el espesor de la rodaja es entre 7-8 mm. Los Gajos son de 10 mm de espesor, la muestra no incluye semillas.

Las manzanas preparadas para el ensayo se mantuvieron en agua para evitar oxidación enzimática. Posteriormente se escurrieron y se acondicionaron en bandejas congelándose en cámara a -8°C.

Se trasladó al equipo de liofilización, con hielo seco.

3.4.2 Descripción del proceso de Liofilización en Ensayo de Manzanas

Temperatura de producto: -8°C. Se colocó hielo seco para mantener el frío del producto hasta alcanzar la presión de sublimación y evitar la oxidación enzimática. Se considera presión de sublimación a 2000 micrones ó 2 mm Hg.

El tema de oxidación es resuelto en la industria alimentaria convencional con antioxidantes (suele utilizarse Vitamina C), pero en la producción orgánica deberá resolverse con frío, con un blanqueo en agua hirviendo o con productos permitidos en el procesamiento.

Placa de calefacción: se comenzó sin temperatura de placa conectándose la calefacción hasta alcanzar 50°C, disminuyendo la temperatura a 35°C en la etapa final del proceso.

Equipo de Liofilización: se había puesto en marcha cuatro horas antes, permitiendo que las paredes del condensador se encontraran frías.

Se colocó sensor de temperatura en el producto.

Se cerraron las puertas del equipo, puso en marcha la bomba de vacío y se tardó quince minutos para alcanzar la presión de sublimación.

A las dieciséis horas de iniciado el ensayo la temperatura de producto era de -4,5°C. Se realizó liofilización continua registrándose los datos de temperatura de producto y peso final. A las 20 horas de ensayo y con placa a 50°C la temperatura de producto fue de 0,09°C. Las últimas cuatro horas de liofilización se descendió la temperatura de placa a 35°C finalizando el ciclo en función de la temperatura del producto que alcanzó la temperatura final de placa.

Se procedió a la liofilización de los diferentes cortes en forma conjunta. En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos.

Resultados y rendimientos al deshidratado por liofilización:

Tipo de Corte	Cáscara	Peso Inicial (g.)	Descarte (g.)	Peso Final (g.)	% de Rendimiento
Rodajas redondas	Con	475	0	75	15,78%
	sin	385	60	50	11,23%
Gajos	Con	450	35	60	13,33%
	sin	380	100	50	10,42%



Figura 8: Corte en Rodajas con y sin piel



Figura 9: Corte en Gajos con y sin piel

5.4.3 Conclusiones del ensayo de Manzanas

Se observó muy buen comportamiento de la manzana al proceso de liofilización en sus diferentes cortes. La decisión de realizarse fue en función de presentar alternativas para diferentes mercados (ejemplo: cocina molecular, snack, granolas etc.) que valoricen la condición orgánica y la deshidratación en frío manteniendo todas las características de la manzana en fresco (aroma, sabor, cualidades nutricionales, etc.).

Debe analizarse el resultado final en rendimiento descrito en el cuadro 1 teniendo en cuenta que se registra el mayor rendimiento en la condición de rodaja con cáscara y semilla justamente por la característica del aprovechamiento total del fruto (la semilla posee la condición de contenido muy bajo de agua). El siguiente rendimiento corresponde a gajos

con cáscara pero sin semilla. La decisión final de la forma de corte depende fundamentalmente del rendimiento y la disponibilidad de maquinas de corte ó decisión de trabajo artesanal.

3.5 Ensayo de Frutilla

3.5.1 Condiciones para la realización del ensayo de Liofilización en Frutilla

Una vez que se recibió la fruta acondicionada y transportada de acuerdo a la normativa orgánica, se procedió a la toma de datos iniciales y procesamiento:

- Peso Inicial: 5,000 kg
- Se acondicionó la fruta entera en dos bandejas porta producto de 2,500 kg cada una, sin cortar porque se recibió súper congelada. Se determinó que podía ser útil la información de fruta entera dado que en la industria de deshidratado por liofilización se realiza mayoritariamente en rodajas o cubos con destino a mezclas de cereales y frutas, galletitas, etc.

3.5.2 Descripción del proceso de Liofilización en Ensayo de Frutillas

Temperatura de producto: -18°C. Se colocó hielo seco para mantener el frío del producto hasta alcanzar la presión de sublimación y evitar la modificación en la forma del fruto. Se considera presión de sublimación a 2000 micrones ó 2 mm Hg.

Si se produjera descongelamiento del fruto, al ser el mismo un receptáculo carnoso, se transformaría prácticamente en una masa amorfa.

Placa de calefacción: a 50°C, durante las primeras diez horas de liofilización. Disminuyendo la temperatura de placa a 35°C hasta el final del proceso.

Equipo de Liofilización: se había puesto en marcha cuatro horas antes, permitiendo que las paredes del condensador se encontraran a -40°C.

Se colocó sensor de temperatura en el producto.

A las diez horas de iniciado el ensayo la temperatura de producto llegó a -12°C (primera pesada). Se realizó liofilización continua registrándose los datos de temperatura de producto y peso final. A las 20 horas de ensayo y con placa a 45°C la temperatura de producto fue de -8,05°C (segunda pesada). A las diez horas siguientes la temperatura del producto fue de 11,20°C (tercera pesada). Seis horas después el producto llegó a 35°C, equilibrándose con la temperatura de placa (cuarta pesada), dándose por terminado el ciclo.

Rendimiento en Liofilización de Frutillas:

Peso Inicial (g)	Pesada 1	(%) Pérdida	Pesada 2	(%) Pérdida	(%) Pérdida respecto a Peso Inicial
------------------	----------	-------------	----------	-------------	-------------------------------------

Bandeja 1 2,500	1,597	36,10	0,878	45,04	64,88
Bandeja 2 2,500	1,618	35,27	0,730	54,63	70,64

Pesada 3	(%) Pérdida	(%) Pérdida respecto a P. Inicial	Pesada 4	(%) Pérdida	Peso Seco Final	(%) Rendimiento
0,233	73,45	90,68	0,147	36,89	0,147	5,88
0,199	72,72	92,03	0,133	33,33	0,133	5,31



Figura 10: Frutilla entera liofilizada.

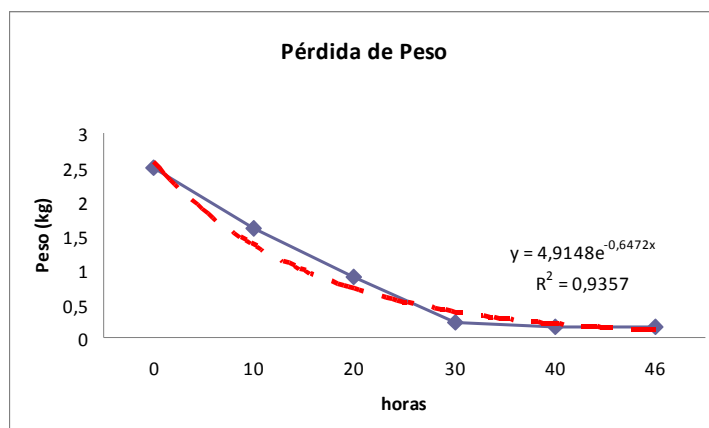


Figura 11: Pérdida de Peso en Frutilla

3.5.3 Conclusión del ensayo en Frutillas.

La Frutilla entera mostró muy buen comportamiento al proceso de deshidratado por liofilización. Sería necesario considerar nuevos ensayos variando parámetros de proceso (kg por bandeja, temperatura de placa) para acelerar los tiempos de liofilización que tienen directa incidencia en el costo final del producto. La incidencia del costo del proceso es mayor en aquellos de alto contenido de agua como es el caso de este tipo de fruto.

Resulta interesante haber mostrado el comportamiento de la fruta entera, la cual no es común encontrar en el mercado de los productos de estas características.

Es importante durante el proceso evitar el descongelamiento y trabajar minuciosamente la temperatura de placa dado que la frutilla, por sus características morfológicas, presenta riesgo de deformación y deterioro por elevación de temperatura.

La definición de los parámetros de proceso deben realizarse en función de las características propias de cada variedad de fruta, tales como: contenidos de materia seca; morfología (receptáculo carnosos, firme, hueco); grado de acidez; etc.

3.6 Ensayo de Papa

3.6.1 Condiciones para la realización del ensayo de Liofilización en Papa

Una vez que se recibió la papa acondicionada y transportada de acuerdo a la normativa orgánica, se procedió a la toma de datos iniciales y procesamiento:

- Peso Inicial: 3,000 kg.
- Cantidad de tubérculos: 24 de diferentes calibres.
- Se procedió al lavado con agua de red para sacar excedente de tierra adherida.
- Se hirvieron con cáscara los siguientes lotes:

Tubérculos por lote de hervor:

Cantidad de Tubérculos	Peso por unidad (promedio)	Tiempo de hervor
5	40 grs.	12 min.
8	90 grs.	18 min.
6	170	20 min
5	250	30 min

- Peso papa hervida y pelada: 2,362 kg.
- Descarte por cáscara: 630 g (21%).
- La muestra al tener diferentes tamaños de tubérculo representa un trabajo extra con respecto a la cocción.
- Se observa un muy alto descarte representado por la cáscara (pérdida normal en este tipo de producto), por lo que se considera factible el trabajo de deshidratado del tubérculo con cáscara.

3.6.2 Descripción del proceso de Liofilización en Ensayo de Papa.

Temperatura de producto: El producto cocido se congeló en cámara entrando al equipo con -7°C . Se considera presión de sublimación a 2000 micrones ó 2 mm Hg.

Placa de calefacción: a 70°C , llegando al final del ciclo con placa a 35°C .

Equipo de Liofilización: se había puesto en marcha cuatro horas antes, permitiendo que las paredes del condensador se encontraran a -40°C .

Se colocó sensor de temperatura en el producto, optándose por el tubérculo de mayor tamaño.

Se cierran las puertas del equipo se puso en marcha la bomba de vacío y se tardó quince minutos para alcanzar la presión de sublimación.

A las dieciséis horas de iniciado el ensayo la temperatura de producto era de 4°C . Se realizó liofilización continua registrándose los datos de temperatura de producto y peso final. A las 24 horas de ensayo y con placa a 60°C la temperatura de producto fue de 22°C . Las últimas 8 horas de liofilización se descendió la temperatura de placa a 35°C finalizando el ciclo cuando el producto alcanzó los 35°C .

Se realizó en ese momento la observación y peso final. El tiempo que demoró el ciclo fue en función de los tubérculos de mayor tamaño, lo que evidencia la importancia de mantener tamaños homogéneos para realizar la opción de tubérculo entero.

Rendimiento en Liofilización de Papas:

Peso Inicial (g)	Peso Seco Final	(%) Rendimiento
2,362	0,500	21,17



Figura 12: Papas orgánicas liofilizadas enteras

5.6.3 Conclusiones del ensayo en Papas

La papa tiene un excelente comportamiento en el deshidratado por liofilización, la decisión de realizarla con tubérculos enteros fue en función de analizar la posibilidad más compleja (por tiempo) y de mostrar un producto final al consumidor que le permitiría hidratarla y obtener con certeza un puré cuyo ingrediente fuera 100% papa.

Considerar a la liofilización como una opción de conservación en papa orgánica parece muy interesante para los mercados de comidas pediátricas. Siendo esta una alternativa para comercializar sin riesgos de barreras paraarancelarias, principalmente al mercado europeo. Además de utilizar en forma más eficiente el costo de un flete, al estar transportando solamente materia seca y no agua.

4. Conclusiones generales del Trabajo

La superficie agrícola bajo Certificación Orgánica ha mantenido una tendencia de crecimiento durante los últimos años, que se ve reflejada en los datos anuales publicados por el Organismo Responsable (SENASA). Esta situación muestra una especialización en la producción y una muy responsable actitud frente a la misma por parte de los productores.

La demanda por parte de los consumidores ha sido sin duda el principal factor de crecimiento, pero es evidente que hablando de frutas y hortalizas, la necesidad de conservarlas manteniendo sus cualidades sin agregados extras de sustancias químicas se torna de una importancia relevante.

Consideramos siempre que la producción orgánica lleva en sí misma una gran preocupación por el otro, y el agregado de valor a la misma debe concretar en un producto que no pierda sus cualidades más importantes, y también muestren que esa “preocupación” sigue siendo lo más importante. Poder conservar de esta manera se puede lograr a través del proceso que hemos desarrollado en este trabajo. El proceso de liofilización ha sido y sigue siendo muy estudiado, existe tecnología industrial para todos los tamaños de producción, y año a año aparece una mayor demanda.

De los ensayos efectuados se obtuvieron resultados muy interesantes con muy buena calidad de producto. En el único caso que no se obtuvo fue en la cereza, pero profundizando en el mismo sin duda se obtendrán también conclusiones interesantes.

Concluimos que para un producto orgánico la forma ideal de conservación es el secado en frío (liofilización) que le brinde al consumidor la certeza que está frente a un producto sin aditivos ni conservantes químicos durante la industrialización, permitiendo que pueda llegar a la mayor cantidad posible de bocas y a distancias inimaginables para el mismo producto en fresco.

5. Bibliografía

- ALONSO, J. y Alique, R. Tratamiento postcosecha para cerezas. Parte 1. Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales. Instituto del Frío (CSIC).
- CASTRO, Jorge. La Especialización Agroalimentaria de Argentina. Revista Análisis de Coyuntura. Junio del 2008.
- CASTRO, Jorge. Recuperación de la Economía Mundial y Oportunidades de la Argentina en el Mercado Mundial de Alimentos. Instituto de Planeamiento Estratégico. Septiembre de 2009.
- CITTADINI, E. 2008. Diseño de "árboles-objetivo" en montes de cerezo para maximización del ingreso económico. Grupo de Fruticultura, INTA-EEA Chubut en Curso "El cultivo de cerezos en Patagonia Sur"
- CUPER, Oscar. 1965. Deshidratación Artificial – Liofilización Alimentaria. Tomo 1: Bases Generales – Tecnología Industrial. Buenos Aires, Consejo Nacional de Desarrollo, Grupo de Proyectos Especiales.
- CHIRIFE, J. 2005. Apuntes del curso "Introducción al fenómeno de la Transición Vítrea y sus aplicaciones en la estabilidad física de alimentos y biomateriales".
- FERRER, Aldo. La Globalización, la Crisis Financiera y América Latina. Comercio Exterior, Vol. 49, Núm. 6, junio de 1999, México, BANCOMEXT
- GALMARINI, M. V. 2009. Estudios sensoriales y físico – químicos del disacárido trehalosa en relación a su uso como ingrediente funcional en alimentos. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Laboratorio de Análisis Sensorial. Facultad de Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina.
- INFANTE, L. 2003. Evaluación de Variedades de Cerezas en Relación al Potencial de calidad y Conservación. Resumen Temporada 2002-2003. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- INTA. 2004. Cosecha y Postcosecha en Frutillas.
- INTA EEA Alto Valle. Programa de Madurez en Manzana y Pera.
- KÄLLANDER, Inger y RUNDGREN, Gunnar. 2009. Construyendo sectores Orgánicos Sustentables. www.ifoam.org
- PÉREZ, Gustavo y REIHEIMER M. Agustina. Análisis de Mecanismo de Transferencia en alimentos porosos. Ingeniería Alimentaria. N° 85 - 2010. Pág. 35 – 42.
- RAMIREZ NAVAS, Juan Sebadtián. 2006. Liofilización, Estado del Arte. Universidad del Valle Programa Doctoral en Ingeniería. Ingeniería de Alimentos. Cali – Colombia. www.ingenieriaquimica.net
- SCENI, P. 2007. Transiciones de Fase. Universidad Nacional de Quilmes. Área de Química de los Alimentos.

- SENASA. 2009. Situación de la Producción Orgánica en Argentina durante el Año 2008. Buenos Aires, Dirección Nacional de Fiscalización Agroalimentaria. Dirección de Calidad Agroalimentaria. Coordinación de Productos, www.senasa.gov.ar.
- STEINBERG, Federico. La Nueva Teoría del Comercio Internacional y la Política Comercial Estratégica. Politics of the World Economy, Julio de 2003.
- PERERA HORACIO, YANOVSKY J. Proyecto LIAL – Liofilización Alimentaria. Buenos Aires, 1996.
- VIEIRA, D. 2009. Manejo de la Cosecha para obtener Cerezas de calidad. www.chilecerezas.cl
- WILLS, Ron; MCGLASSON, Barry; GRAHAM, Doug y JOYCE, Daryl. 1998. Introducción a la Fisiología y Manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- ZOFFOLI, J. 2002. Conservación de Calidad en Frutos de Clima Templado. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.