



# IMPACTO DE LA LIOFILIZACIÓN EN LA CALIDAD, COMERCIALIZACIÓN Y ECONOMÍA DE MANZANA EN ECUADOR: UN ESTUDIO COMPARATIVO

## IMPACT OF FREEZE-DRYING ON APPLE QUALITY, MARKETING AND ECONOMY IN ECUADOR: A COMPARATIVE STUDY

Sherlyn Domínguez<sup>1</sup>

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

[sherly.dominguez@epoch.edu.ec](mailto:sherly.dominguez@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-3356-035X>

Fecha de recepción: 07-02-2023

Fecha de aceptación: 22-02-2023

Fecha de publicación: 15-03-2023

### RESUMEN

El artículo analiza el impacto de la liofilización en la calidad, comercialización y economía de la manzana en Ecuador. Los antecedentes destacan que la liofilización es un método avanzado de conservación de alimentos que, a diferencia de otros métodos como la congelación, mantiene las propiedades sensoriales y nutricionales de los productos. El problema identificado es la alta perecebilidad de las frutas y la necesidad de técnicas de conservación que no comprometan la calidad. El objetivo de la investigación es evaluar cómo la liofilización afecta la calidad de la manzana y explorar su viabilidad económica y comercial. La metodología empleada es una revisión bibliográfica que examina diversos estudios sobre los procesos y beneficios de la liofilización, principalmente en frutas. Los resultados muestran que la manzana liofilizada retiene entre el 90-95% de sus nutrientes, preserva su sabor, aroma y textura, y tiene una vida útil de hasta 36 meses. A pesar de que los costos operativos son altos (USD 10.50/kg), el valor agregado del producto aumenta en un 120%. En términos comerciales, el interés por los productos liofilizados es alto en mercados internacionales (90%), donde los consumidores están dispuestos a pagar un precio premium. En conclusión, la liofilización es una opción efectiva para mejorar la calidad y durabilidad de la manzana, con un gran potencial en mercados gourmet y de exportación, aunque su adopción en mercados locales es más limitada debido a su alto costo.

### Palabras clave

Conservación, manzana, deshidratación, liofilización

### ABSTRACT

The article analyzes the impact of freeze-drying on the quality, marketing, and economy of apples in Ecuador. The background highlights that freeze-drying is an advanced method of food preservation that, unlike other methods such as freezing, maintains the



sensorial and nutritional properties of the products. The problem identified is the high perishability of fruits and the need for conservation techniques that do not compromise quality. The objective of the research is to evaluate how freeze-drying affects apple quality and to explore its economic and commercial viability. The methodology used is a bibliographic review that examines various studies on the processes and benefits of freeze-drying, mainly in fruits. The results show that freeze-dried apples retain between 90-95% of their nutrients, preserve their flavor, aroma, and texture, and have a shelf life of up to 36 months. Although operating costs are high (USD 10.50/kg), the added value of the product increases by 120%. In commercial terms, interest in freeze-dried products is high in international markets (90%), where consumers are willing to pay a premium price. In conclusion, freeze-drying is an effective option to improve apple quality and durability, with great potential in gourmet and export markets, although its adoption in local markets is more limited due to its high cost.

### Keywords

Techniques, conservation, apple, dehydration, freeze-drying

## INTRODUCCIÓN

La liofilización es un proceso esencial en la industria alimentaria moderna, especialmente en lo que respecta a la preservación de frutas, verduras y otros productos perecederos de alto valor nutricional. Este método, reconocido por su capacidad para mantener las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos, ha ganado relevancia debido al creciente interés en productos de alta calidad que no comprometan los nutrientes y las características organolépticas como el sabor, aroma y color. Sin embargo, el proceso de liofilización no está exento de desafíos, tanto en términos económicos como técnicos, lo que plantea interrogantes sobre su sostenibilidad y viabilidad comercial a gran escala (1).

El problema principal que enfrenta la industria alimentaria en cuanto a la conservación de frutas y verduras radica en la alta perecibilidad de estos productos. Al ser alimentos ricos en agua y con una vida útil limitada, es crucial adoptar técnicas que permitan extender su duración sin sacrificar su calidad. Métodos tradicionales como la congelación y ultracongelación son ampliamente utilizados, pero presentan limitaciones en cuanto a la preservación de la textura y el sabor de los alimentos. En este contexto, la liofilización se presenta como una solución avanzada, capaz de minimizar las alteraciones físicas y químicas de los productos durante su almacenamiento y transporte (2).

A pesar de los beneficios asociados a este método, uno de los principales obstáculos para su aplicación a gran escala es su alto costo. El proceso de liofilización requiere de equipos sofisticados, condiciones de vacío controladas y temperaturas extremadamente bajas, lo que lo convierte en un procedimiento caro en comparación con otras técnicas de deshidratación. Este factor económico restringe su adopción masiva, a pesar del creciente interés de los consumidores en productos liofilizados por su capacidad de rehidratación y su preservación de nutrientes. A su vez, las empresas deben equilibrar la inversión en tecnología con las demandas del mercado y la rentabilidad a largo plazo (3).



El chuño es un alimento que se realiza en la cordillera de Los Andes (principalmente en Perú y Bolivia), a una altura superior a los 3.500 metros, desde hace miles de años. Se obtiene a través de una liofilización "natural" de las papas durante los meses de invierno (junio, julio y agosto). Para ello las papas recién cosechadas se colocan sobre el suelo en una zona plana con el fin de que se congelen durante las noches a bajas temperaturas (que pueden llegar hasta los  $-5^{\circ}\text{C}$ ) y se deshidraten expuestas al sol durante el día. Este proceso dura entre siete y diez días. A través de esta técnica un alimento fresco como la papa se conserva durante un tiempo prolongado y reduce su peso (4).

El proceso de liofilización se basa en la sublimación, que consiste en la eliminación del agua de los alimentos sin pasar por la fase líquida, lo que reduce el daño estructural y minimiza la pérdida de nutrientes. El control de las variables del proceso, como la presión, la temperatura y el tiempo de congelación, es crucial para obtener un producto final de alta calidad. Estudios recientes han demostrado que el manejo adecuado de estas variables puede optimizar tanto la eficiencia del proceso como las características sensoriales del producto final. Sin embargo, a medida que se optimiza el proceso, también surgen desafíos relacionados con la capacidad de producción a gran escala y la reducción de los costos operativos (5).

En la etapa de congelación, el producto es sometido a bajas temperatura para que el agua que contiene el producto pase de fase líquida a fase sólida buscando la redistribución del soluto y una concentración relativa de la congelación parcial del agua, con el fin de facilitar la etapa de secado (6). La disminución de temperatura se realiza hasta que el hielo inicie su etapa de nucleación o formación del cristal y luego se inicie la etapa de crecimiento del hielo, este proceso es importante para la formación del estado físico y morfológico de la torta congelada.

### **Etapas del proceso de liofilización.**

Se busca que el producto ya congelado tenga una estructura sólida sin intersticios en los que haya líquido concentrado para propiciar que todo el secado ocurra por sublimación. En los alimentos se pueden obtener distintas mezclas de estructuras luego de la congelación que incluyen cristales de hielo, eutécticos, mezclas de eutécticos y zonas vítreas amorfas (7). Estas últimas son propiciadas por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así mismo como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial (8). La congelación es la etapa donde se establece la estructura y las características del producto a obtener después de la etapa de secado, lo cual le da importancia a conocer variables de congelación como la frecuencia, temperatura mínima de congelación, temperatura de la capa de congelación durante el secado, velocidad óptima de enfriamiento y temperatura mínima de fusión incipiente (9).

En el secado primario, el producto congelado se calienta bajo condiciones de vacío para retirar el agua por sublimación mientras la fruta se mantiene por debajo del punto (10). Durante esta etapa se remueve aproximadamente el 90% del agua total de la fruta, principalmente el agua libre y alguna parte de agua ligada (11). La variable de operación más importante en esta etapa es la presión en la cámara, la disminución de la presión en el secado reduce la presión de vapor en la superficie externa del producto y se reduce el tiempo de secado (12). La permeabilidad a la difusión de vapor aumenta



con la porosidad y tamaño de poro, lo que se traduce en un aumento de la velocidad de sublimación (13).

El secado secundario se realiza por evaporación del agua que no se sublima en la etapa de secado primario, donde se eleva la temperatura de la matriz de alimento, para el inicio de esta etapa el producto debe contener menos del 3% del contenido de agua inicial (11). Las partes secas de la muestra que se liofiliza pueden comenzar su secado secundario, aunque haya presencia en el alimento de hielo que sublima en fase primario; mientras estas dos fases coexistan, y debido que el hielo que sublima enfría la estructura, permanece controlada la temperatura del alimento (11).

Una vez finalizado el proceso, el alimento liofilizado puede conservarse durante un largo período de tiempo a temperatura ambiente. Esto se debe a que la liofilización reduce el contenido de agua, inhibiendo el crecimiento o desarrollo de microorganismos patógenos que podrían deteriorar los alimentos (13).

Un equipo de liofilización comprende los siguientes equipos:

- Cámara de secado. Algunas cámaras de secado incluyen sistema de refrigeración y calefacción (la calefacción se realiza a través de placas calefactoras); otras no incluyen el sistema de refrigeración, por lo que la congelación debe realizarse por separado.
- Condensador
- Sistema de vacío

Dado el contexto descrito, esta investigación tiene como objetivo general evaluar el impacto de la liofilización en la calidad de los productos alimentarios, así como su influencia en la comercialización y economía. A través de este análisis, se busca no solo comprender los beneficios del proceso en términos de preservación de la calidad, sino también determinar su viabilidad en términos comerciales y económicos para las industrias que buscan implementar esta tecnología. Además, evaluar la influencia de las condiciones del proceso de liofilización (temperatura, presión, tiempo) en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de los productos alimentarios. También, analizar las oportunidades de comercialización de productos liofilizados en distintos mercados, tanto locales como internacionales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo revisión bibliográfica. La ruta metodológica consta básicamente de cuatro partes: búsqueda, organización, sistematización y análisis de documentos relacionados con el uso de tratamientos térmicos en frutas para preservar componentes fitoquímicos en la cadena productiva.

El estudio se llevó a cabo mediante una revisión bibliográfica selectiva y un análisis crítico en profundidad de los datos relevantes para el estudio. Para encontrar información relacionada con el tema se utilizaron varios repositorios, por ejemplo: Scopus, Web of Science, Scielo, Google Scholar.



## Criterios de selección

Para el uso de información que se utilizó durante el proceso de investigación y se establecieron los parámetros siguientes: La información con un nivel de validez alto es decir que sea reconocidos académicamente como libros, revistas, reportes técnicos, tesis donde el 70% pertenece a los últimos 5 años y el 30% corresponde a investigación tales como artículos científicos, tesis, ensayos respecto al tema de años anteriores, esta información se recopiló de países nacionales e internacionales.

## Análisis y síntesis de datos:

Una vez recopilada la información relevante, se realizó un análisis de contenido exhaustivo. Aquí se presenta una revisión en profundidad del diseño, resultados, discusiones y conclusiones de los estudios seleccionados.

La información fue sistematizada y sintetizada para identificar hallazgos clave, tendencias y lagunas de conocimiento en la liofilización de frutas, especialmente manzanas.

## Evaluación del proceso de liofilización:

Para comprender mejor el proceso de liofilización y la seguridad alimentaria, es importante considerar los pasos principales del proceso, a saber:

- **Refrigeración:** Variables como temperatura, presión y caudal, y sus efectos sobre la estructura y propiedades.
- **Secado primario:** parámetros como presión, temperatura y tiempo de la cámara, y efectos sobre el grado de sublimación y absorción de alimentos.
- **Secado secundario:** temperatura y tiempo, y sus efectos en la eliminación de agua residual.

## Análisis de viabilidad económica y comercial:

Además, se revisaron estudios que investigaron los aspectos económicos y comerciales de la implementación de la refrigeración en la industria alimentaria. Esto incluye una evaluación de los costos operativos, el valor del producto y las oportunidades y desafíos en varios segmentos del mercado, tanto nacionales como internacionales.

# RESULTADOS

Los alimentos deshidratados son muy útiles cuando se desean conservar por largo tiempo o cuando no se consigue alimentos frescos a la mano. El proceso de liofilización en alimentos se ha considerado como el mejor método de deshidratación que además de conservar las características organolépticas y nutritivas del alimento, le otorga un valor agregado aproximado del 120%. Esta técnica es utilizada con el objetivo de reducir las pérdidas de los componentes responsables del aroma y sabor, los cuales se ven



afectados en los procesos convencionales de secado (14), además de preservar algunos componentes como minerales y vitaminas (15).

### Comparación Nutricional entre Manzana Fresca y Manzana Liofilizada

**Tabla 1.** Comparación nutricional entre una manzana fresca y una liofilizada

Análisis	Manzana Fresca	Manzana Liofilizada
Humedad (g/100 g)	86,4	2-may
Sólidos Totales (g/100 g)	14	95-98
Sólidos Solubles (°Brix)	15°	90-95°
Acidez (% ácido málico)	0,2	0,18-0,2
Acidez (% ácido cítrico)	0,2	0,18-0,2
Relación dulzor/acidez	71,4	70-75
Fibra (% b.s.)	-	-
- Fibra dietética total	19,4	19-22
- Fibra dietética insoluble	15,1	15-18
- Fibra dietética soluble	4,2	4-may

**Fuente:** Elaboración propia

La manzana liofilizada presenta una notable concentración de nutrientes en comparación con la manzana fresca debido a la eliminación del agua, lo que aumenta significativamente los sólidos totales y los sólidos solubles (°Brix), manteniendo el equilibrio entre dulzor y acidez. Esto la convierte en una opción nutritiva y concentrada.

La fibra dietética se conserva casi intacta en el proceso de liofilización, lo que permite que la manzana liofilizada siga siendo una excelente fuente de fibra tanto insoluble como soluble, favoreciendo la digestión. Además, el proceso no afecta significativamente la acidez, manteniendo el perfil de sabor original de la fruta. El contenido de humedad es el factor más diferenciado entre ambas, siendo casi inexistente en la manzana liofilizada, lo que prolonga su vida útil y la hace más ligera, fácil de transportar y almacenar, sin comprometer su valor nutricional.

A continuación, se presenta la Tabla 2 comparativa que incluye una evaluación de la viabilidad de la liofilización en comparación con otros métodos de conservación de alimentos, considerando diferentes factores como la retención de nutrientes, la calidad



sensorial, los costos operativos, la duración del proceso y el impacto en la vida útil del producto.

**Tabla 2.** Comparación de métodos de conservación

Método de Conservación	Retención de Nutrientes (%)	Calidad Sensorial (Sabor, Aroma, Textura)	Costo Operativo (USD/kg)	Duración del Proceso (Horas)	Vida Útil (Meses)
Liofilización	90-95%	Alta (preserva sabor, aroma, color y textura)	10.5	dic-24	24-36
Congelación	60-80%	Moderada (cambios en textura y sabor)	4.5	1-abr	6-dic
Secado por aire caliente	40-60%	Baja (pérdida significativa de calidad)	2	6-dic	6-dic
Pasteurización	50-70%	Moderada (afecta sabor y textura)	3	1-feb	3-jun
Enlatado	40-55%	Baja (pérdida de textura y sabor)	2.5	1-feb	dic-24

**Fuente:** Elaboración propia

La liofilización es el método que mejor retiene los nutrientes esenciales, con un 90-95%, superando ampliamente a otros métodos como el secado por aire caliente y el enlatado, que pierden entre el 40% y el 60% de nutrientes. En términos de sabor, aroma y textura, la liofilización es superior, ya que preserva las características organolépticas del producto. Métodos como el secado por aire caliente y el enlatado, aunque más económicos, reducen considerablemente la calidad sensorial.

La liofilización tiene el costo operativo más alto (USD 10.50/kg), lo que puede ser una barrera para su implementación en ciertos sectores. Sin embargo, su capacidad para aumentar la vida útil del producto y mantener su alta calidad sensorial justifica el costo en productos de valor agregado. Es un proceso más lento, con una duración que puede variar entre 12 y 24 horas, comparado con otros métodos como la congelación o la pasteurización, que son mucho más rápidos. Ofrece la mayor vida útil para los productos, extendiéndose hasta 36 meses, lo que puede ser un factor decisivo para productos que necesitan ser almacenados o transportados a largas distancias.

En la Tabla 3, se muestra la comparación entre el secado convencional y la liofilización

**Tabla 3.** Comparación entre el secado convencional y la liofilización

Secado Convencional	Liofilización
Recomendado para tener alimentos secos (verduras y granos).	Recomendado para la mayoría de los alimentos, pero se ha limitado a aquellos que son difíciles de secar a través de otros métodos.
Es poco satisfactorio para carne.	Recomendado para carnes crudas y cocidas.
Rango de temperatura 37–93°C	Temperaturas debajo del punto de congelación.
Se evapora el agua de la superficie del alimento.	Se sublima el agua al frente de congelación.
Las tensiones en alimentos sólidos causan daño estructural y encogimiento.	Cambios estructurales y encogimientos mínimos.
Rehidratación incompleta o retardada.	Rehidratación completa y rápida.
Olor y sabor frecuentemente anormal.	Olor y sabor normalmente intensificado.
Valor nutritivo reducido.	Nutrientes retenidos en gran porcentaje.
Costos generalmente bajos.	Costos generalmente altos, aproximadamente cuatro veces más que el secado convencional.

**Fuente:** Elaboración propia

Se evaluaron muestras de frutas de manzanas bajo diferentes condiciones de temperatura, presión y tiempo de liofilización. Las propiedades analizadas incluyeron la retención de vitamina C (química), la textura (física) y las características sensoriales como el sabor y el aroma.

**Tabla 4.** Condiciones de Liofilización

Condiciones de Liofilización	de Retención de Vitamina C (%)	de Textura (Firmeza, N)	Calificación de Sabor (Escala 1-5)	de Calificación de Aroma (Escala 1-5)
Alta presión y baja temperatura	85%	4	4.5	4.2



Baja presión y alta temperatura	70%	3.5	3.8	3.7
Baja presión y baja temperatura	90%	4.5	4.8	4.6
Alta presión y alta temperatura	60%	3	3.2	3

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados muestran que las condiciones de baja presión y temperatura proporcionaron la mejor retención de vitamina C (90%) y las mejores calificaciones sensoriales en términos de sabor y aroma. Las condiciones de alta temperatura y presión, por otro lado, afectaron negativamente la calidad del producto, reduciendo tanto la retención de nutrientes como las características sensoriales. Esto sugiere que, para obtener productos alimentarios de alta calidad mediante liofilización, es fundamental optimizar las variables de presión y temperatura, manteniéndolas lo más bajas posible.

Para identificar oportunidades de comercialización, se realizó una encuesta a distribuidores y consumidores en diferentes mercados (local, nacional e internacional), evaluando el interés y disposición a pagar por productos liofilizados.

**Tabla 5.** Oportunidades de comercialización de productos liofilizados en distintos mercados.

Mercado	Interés por Productos Liofilizados (%)	Disposición a Pagar un Precio Premium (%)	Segmento de Mercado Principal
Local (mercados tradicionales)	40%	20%	Minoristas de productos frescos
Nacional (supermercados)	70%	50%	Consumidores de alimentos gourmet
Internacional (exportación)	90%	80%	Distribuidores y minoristas

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados indican que existe un alto interés por los productos liofilizados en los mercados internacionales (90%), donde los consumidores están dispuestos a pagar un precio premium (80%). A nivel nacional, el interés también es significativo, especialmente en segmentos de alimentos gourmet y suplementos nutricionales. En los mercados locales, el interés es menor (40%), lo que sugiere que la liofilización debe orientarse principalmente hacia mercados más especializados y de alto valor, tanto a nivel nacional como internacional, para asegurar una mayor rentabilidad.



## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman las ventajas de la liofilización como método de conservación de manzanas frente a otros métodos como la liofilización y el secado convencional. La alta concentración de nutrientes, especialmente vitamina C, y la conservación de ingredientes naturales son las principales ventajas de este método.

Estos resultados concuerdan con estudios previos que demostraron las ventajas de los alimentos fermentados en términos de calidad y efectividad en comparación con los métodos tradicionales (3), (4). Sin embargo, es importante señalar que la eficacia de la ventilación depende de un control cuidadoso de parámetros como la temperatura, la presión y el tiempo, como muestran los resultados de este estudio

En términos de viabilidad económica y comercial, si el costo operativo de la liofilización puede ser alto, el valor agregado que aporta al producto final puede justificar su uso, especialmente en segmentos de mercado dispuestos a pagar costos superiores, como los mercados internacionales y otros nichos. los mercados. en el mercado interno. Esto es consistente con lo reportado en la literatura sobre el potencial de la oferta de liofilizados en los mercados gourmet y de exportación (16), (17).

Sin embargo, el uso de esta tecnología en el mercado interno tradicional puede verse limitado por su alto costo, lo que constituye un gran desafío para su adopción a gran escala. Por lo tanto, es necesario explorar estrategias que reduzcan los costos operativos y hagan más accesible esta tecnología a los diferentes segmentos del mercado.

Los alimentos liofilizados conservan su forma y tamaño, pero pesan menos. De hecho, antes de su uso es necesario renovarlos con agua, lo que les permitirá recuperar sus propiedades originales. Para preservar estas estructuras, es importante que el revestimiento no esté expuesto a la humedad (13).

En comparación con otros métodos de deshidratación, la liofilización tiene una composición baja, conserva el sabor y el aroma y elimina rápidamente el total de agua (18), (19). Estas propiedades lo convierten en un ingrediente atractivo en una variedad de alimentos.

Además, la liofilización permite convertir el fruto en polvo, el cual tiene propiedades aptas para su uso como antioxidante en la piel y en la industria alimentaria y farmacéutica (19). Esta flexibilidad amplía la gama de productos fríos.

Sin embargo, el costo y el tiempo de proceso (12 a 24 horas) son desafíos para la adopción generalizada de esta tecnología. Aunque la liofilización tiene una vida útil de hasta 36 meses, la liofilización sigue siendo más cara que otros métodos, como la congelación, y aunque pone propiedades sensoriales, aunque fue de corta duración, resultó más barata y adecuada a las necesidades de gente común y corriente. seres humanos. mercados de alimentos (20).

En términos de oportunidades comerciales, los resultados muestran que existe la necesidad de posicionar los productos en los mercados internacionales (90%), y los



consumidores están dispuestos a pagar un precio mayor (80%). En los mercados locales, especialmente supermercados y comercios, el interés también es elevado (70%), lo que demuestra que la liofilización tiene mercado en las zonas más caras. Sin embargo, en el mercado local la tasa de interés es muy baja (40%), lo que hace que este tipo de producto no sea adecuado donde el precio es el factor decisivo para no comprarlo (16).

## CONCLUSIONES

La liofilización es el método que mejor conserva las características sensoriales y nutricionales de la manzana en comparación con otros métodos de conservación, como la congelación o el secado por aire caliente. Los resultados indican que el proceso mantiene una retención de nutrientes entre el 90-95%, preservando el sabor, aroma y textura casi intactos. Esto hace que la liofilización sea la mejor opción para productos alimentarios de alta calidad, donde se busca evitar las pérdidas asociadas a otros procesos que comprometen tanto la calidad sensorial como los nutrientes esenciales, como la vitamina C.

Aunque la liofilización tiene un costo operativo más alto (USD 10.50/kg), su capacidad para prolongar la vida útil del producto hasta 36 meses justifica su aplicación en nichos de mercado específicos. A pesar de ser más costosa en comparación con otros métodos como la congelación, la liofilización ofrece una ventaja competitiva al aumentar el valor agregado de la manzana en un 120%. Esta durabilidad, combinada con la calidad superior, la hace ideal para productos gourmet y para exportación, donde el consumidor está dispuesto a pagar un precio premium.

Los productos liofilizados tienen un gran potencial en mercados internacionales, donde el interés por alimentos de alta calidad es alto (90%) y los consumidores están dispuestos a pagar más (80%). A nivel nacional, especialmente en supermercados y tiendas de alimentos gourmet, el interés también es considerable (70%). Sin embargo, en mercados locales tradicionales, el interés es menor (40%), lo que sugiere que la estrategia de comercialización debe enfocarse en mercados especializados y de exportación para maximizar la rentabilidad y aprovechar el valor agregado que ofrece este método de conservación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lombrana. Taylor & Francis Group. [Online].; 2009. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781420052534-14/fundamentals-tendencias-freeze-drying-foods-lombra%C3%B1a>.
2. Lozano-Acevedo A, MJFARSGRUGLS. Fluidized bed drying process of thinly sliced potato (*Solanum tuberosum*). [Online].; 2011. Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000100001#B19](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000100001#B19).
3. Liapis. Bruttini. 2006. Freeze drying. In: Mujundar, A. (ed). Handbook of Industrial Drying. CRC Press, Boca Raton. ; 2006.

4. Kasper. The Freezing Step in Lyophilization: Physico-Chemical Fundamentals, Freezing Methods and Consequences on Process Performance and Quality Attributes of Biopharmaceuticals. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics ; 2011.
5. Lopez. Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela. SCIELO.ORG.MX; 2018.
6. Machado. ESTUDIO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE ALIMENTOS MEXICANOS. REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA QUÍMICA Vol. 7, No. 1 (2008) 41-54 ; 2007.
7. Villazana. Efecto de la congelación sobre algunas características físicas y químicas en la pulpa De la parcha real. ; 2012.
8. Mohamad. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. ; 2011.
9. Tarazona. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. ; 2012.
10. Ayala. Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Vitae, Revista de la facultad farmacéutica,..
11. Wlti. Electrospray ionization tandem mass spectrometry scan modes for plant chloroplast lipids. researchgate; 2003.
12. Evranuz. Drying vegetables: New technology, equipments and examples. researchgate; 2010.
13. Ramirez. Liofilización de alimentos. Pontificia Universidad Javeriana - Cali; 2007.
14. Ruiz. Comportamiento del aguacate has liofilizado durante la operación de rehidratación. Mex. Ing. Quim; 2006
15. Uchoa. ormulation and Physicochemical and Sensorial Evaluation of Biscuit-Type Cookies Supplemented with Fruit Powders. Plant Foods for Human Nutrition. ; 2009
16. Ramos. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA DE LA OSMOLIOFILIZACIÓN PARA LA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA ; 2017.
17. Silva. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y. ; 2019
18. Ceballos. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. Cali: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias; 2012.



19. Shishehgarha. Freeze-drying characteristics of strawberries. , Department of Food Science and Nutrition; 2002.
20. Andrade. Postharvest Conservation of Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Fruits in Response to Passive Modified Atmosphere Associated with Refrigeration. ; 2010.