UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ANÁLISIS DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LOS ASPECTOS FÍSICOS QUÍMICOS DE LOS ALIMENTOS SOMETIDOS A PROCESO DE LIOFILIZACIÓN.

GONZALEZ CAJAMARCA EDWIN ANDRES
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2022

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ANÁLISIS DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LOS ASPECTOS FÍSICOS QUÍMICOS DE LOS ALIMENTOS SOMETIDOS A PROCESO DE LIOFILIZACIÓN.

GONZALEZ CAJAMARCA EDWIN ANDRES
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2022

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LOS ASPECTOS FÍSICOS QUÍMICOS DE LOS ALIMENTOS SOMETIDOS A PROCESO DE LIOFILIZACIÓN.

GONZALEZ CAJAMARCA EDWIN ANDRES
INGENIERO EN ALIMENTOS

CARRION ESPINOSA WILSON EMMANUEL

MACHALA, 30 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
30 de agosto de 2022

ANALISIS DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LOS ASPECTOS FISICOS QUIMICOS DE LOS ALIMENTOS SOMETIDOS A PROCESO DE LIOFILIZACION

por Edwin Andres Gonzalez Cajamarca

Fecha de entrega: 10-ago-2022 10:47p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1881230454

Nombre del archivo: IMICOS_DE_LOS_ALIMENTOS_SOMETIDOS_A_PROCESO_DE_LIOFILIZACION.pdf (458.55K)

Total de palabras: 5094

Total de caracteres: 30060

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, GONZALEZ CAJAMARCA EDWIN ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LOS ASPECTOS FÍSICOS QUÍMICOS DE LOS ALIMENTOS SOMETIDOS A PROCESO DE LIOFILIZACIÓN., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las dispociones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 30 de agosto de 2022

GONZALEZ CAJAMARCA EDWIN ANDRES
0705268779

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Edwin y Dennys quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi esposa Esthefania T y a mis hijos August y Amira por ser las personas que siempre estuvieron conmigo en las buenas y las malas, apoyándome en mis decisiones y siempre confiando en mí.

A mi hermana y sobrinas por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

EDWIN ANDRES GONZÁLEZ CAJAMARCA

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron en el transcurso de mi vida académica.

A mi esposa e hijos por siempre brindarme ese apoyo y seguir dándome fuerzas cada día para poder lograr este logro.

Agradezco a mi tutor Ing. Wilson Carrión quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación y culminación de este trabajo

RESUMEN

La liofilización es un procedimiento de deshidratación que ha ido evolucionando con el pasar del tiempo, utilizada por las industrias de alimentos por su mundial aplicación en alimentos por su alta eficiencia en la supresión del agua, esta se fundamenta en la eliminación del agua de un producto previamente congelado por sublimación del hielo en vapor en la etapa de secado primario, y luego por desorción del agua no congelada durante el secado secundario. Los productos liofilizados son primordialmente de la más alta calidad entre los alimentos deshidratados, en particular en cuanto a los atributos sensoriales y la retención de nutrientes. El presente trabajo de indagación tiene como fin examinar los probables cambios en los puntos físicos químicos de los alimentos sometidos a proceso de liofilización por medio de revisión bibliográfica, recopilando información de diversos artículos a partir de bases científicas de los últimos 5 años, a lo extenso de la comparación de las propiedades físico-químicas del alimento se evidencio en los datos expuestos por los autores que hay diferencias en Peso, Humedad, Grados Brix, Acidez y Actividad de agua, se establece que el procedimiento de liofilización preserva mejor los puntos organolépticos propios del alimento como sabor, color, olor y textura y por no desnaturalizar los nutrientes existentes en el alimento.

Palabras claves: Deshidratación, Liofilización, Desnaturalización, Vida Útil

ABSTRACT

Freeze-drying is a dehydration process that has evolved over time, used by food industries for its worldwide application in food due to its high efficiency in water suppression. It is based on the elimination of water from a previously frozen product by sublimation of ice into steam in the primary drying stage, and then by desorption of unfrozen water during secondary drying. Freeze-dried products are primarily of the highest quality among dehydrated foods, particularly in terms of sensory attributes and nutrient retention. The present research work aims to examine the probable changes in the physical-chemical points of foods subjected to freeze-drying process by means of a bibliographic review, compiling information from various articles from scientific bases of the last 5 years, The extensive comparison of the physicochemical properties of the food showed in the data presented by the authors that there are differences in weight, humidity, Brix degrees, acidity and water activity. It is established that the freeze-drying process preserves better the organoleptic points of the food such as flavor, color, odor and texture and does not denaturalize the existing nutrients in the food.

Key words: Dehydration, Lyophilization, Denaturation, Shelf Life.

ÍNDICE

1. 8

1.1. 10

1.1.1. 10

1.1.2. 10

2. 11

2.1. 11

2.1.1. Definición 11

2.1.2. Contaminación microbiana de frutas y hortalizas 12

2.2. 12

2.2.1. Definición 12

2.3. 14

2.3.1. Congelamiento 14

2.3.2. Secado primario 14

2.3.3. Secado secundario 16

2.3.4. Nutrientes retenidos en gran porcentaje 17

2.3.5. Control de laboratorio 17

2.3.6. Calidad 18

2.4. 18

2.4.1. Información operativa 20

2.4.1.2. Selección 20

2.4.1.3. Lavado y desinfección 20

2.4.1.4. Pelado 20

2.4.1.5. Congelamiento 20

2.4.1.6. Liofilizado 21

2.4.1.7. Control de calidad 21

2.4.1.8. Empacado 21

2.5. 22

3. 24

4. BIBLIOGRAFÍA 25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo de las bananas frescas y liofilizadas en los tres estados de maduración 22

Tabla 2. Cuadro comparativo de las características físicas y químicas de las frutas papaya y babaco en estado fresco y liofilizado. 23

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de los estados del Agua 14

Ilustración 2. Diagrama de fases para el agua pura que explica la sublimación del hielo 15

Ilustración 3. Perfil de temperaturas del ciclo de liofilización. 16

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda a causa de los clientes de productos saludables y aptos para consumir, provoca que los procedimientos de conservación alternativos, como es la situación de la liofilización, resulten atractivos. El proceso de liofilización en alimentos se ha considerado como el mejor procedimiento de deshidratación que también de mantener las propiedades organolépticas y nutritivas del alimento, le da un costo añadido aproximado del 120 % (Auquiñivin & Paucar, 2020).

La liofilización es un proceso que se basa en la supresión del agua de un producto anteriormente congelado por sublimación del hielo en vapor en la fase de secado primario, y después por desorción del agua no congelada a lo largo de el secado secundario. Los productos liofilizados son principalmente de la más alta calidad entre los alimentos deshidratados, en especial referente a los atributos sensoriales y la retención de nutrientes. No se encogen de manera considerable por lo cual conservan su composición. No obstante, los equipamientos son más caros y el proceso pide tiempos de secado más prolongados, lo cual involucra un más grande consumo de energía. Estas propiedades han orientado la utilización de liofilizadores a productos farmacéuticos de elevado costo añadido y, recientemente en alimentos como frutillas, manzana y banana (Reale et al., 2019).

Esta técnica es usada con el fin de minimizar las pérdidas de los elementos causantes del aroma y sabor, los cuales se ven dañados en los procesos convencionales de secado, además de mantener ciertos elementos como minerales y vitaminas. (Reyes & Lanari, 2020)

Esta tecnología nos posibilita obtener productos deshidratados de enorme calidad, no obstante, conlleva altos costes y largos tiempos de proceso. Por esto, resulta interesante

la utilización combinada de la liofilización al costado de otras técnicas de secado, que permitan una reducción inicial de la humedad y así obtener un producto con una alta interacción calidad/costo (Domin et al., 2020).

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Analizar los posibles cambios en los aspectos físicos químicos de los alimentos sometidos a proceso de liofilización.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Detallar el proceso de liofilización y su impacto en la conservación de los alimentos.
- Comparar los aspectos físicos químicos de alimentos sometidos a un proceso de liofilización.
- Describir los beneficios de los alimentos liofilizados.

2. DESARROLLO

2.1. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

2.1.1. Definición

En los alimentos la calidad se encuentra perjudicada por componentes bioquímicos, químicos, físicos y microbiológicos, en el cual se debe de mantener controlado el aspecto microbiológico ya que es esencial para la preservación de los alimentos. En otros términos, la causa elemental del deterioro de los productos alimenticios es la contaminación por diferentes tipos de microorganismos (virus, levadura, bacterias y mohos), esta alteración tiene repercusiones en el factor económico, para los productores (Harguindeguy et al., 2019).

En su entorno más extenso la conservación de los alimentos se puede sustentar como la utilización de métodos tecnológicos encargados de alargar la vida útil y tener mayor tiempo disponible los alimentos para su consumo, protegiéndolos de los agentes causantes de deterioro y microorganismos patógenos. La finalidad de conservar y mejorar sus propiedades higiénicas, sensoriales y nutritivas, es decir, prever transformaciones que impliquen un deterioro de la calidad sensorial, nutritiva e higiénica del alimento, y tratar de conservar su estado original a lo largo de su almacenamiento. Todavía en la actualidad, los procedimientos para conservar alimentos se han hecho a lo largo de milenios como por ejemplo la deshidratación, salazón, encurtido y fermentación son técnicas que controlan el crecimiento microbiano de los alimentos (Valle, 2018).

2.1.2. Contaminación por microorganismos en los alimentos

Los componentes primordiales que afectan la supervivencia y el aumento de microorganismos en los alimentos tienen la posibilidad de clasificarse los siguientes factores:

- **Factores microbianos e implícitos:** efectos sinérgicos, velocidades de crecimiento y microorganismos presentes, etc.
- **Factores intrínsicos:** dichos componentes físicos y químicos que laboran dentro del alimento (microestructura, sustancias microbianas, actividad de agua, pH, nutrientes, etc)
- **Factores extrínsicos:** temperatura, humedad relativa, presión de oxígeno, etc. Las frutas y vegetales frescas, son ls fuente con mayor reserva alimenticia, primordialmente de agua, azúcares, vitaminas, antioxidantes y fibras (Septembre et al., 2018)**.**

2.2. LA LIOFILIZACIÓN

2.2.1. Definición

La liofilización representa un procedimiento bastante efectivo para prevenir de manera significativa la pérdida de nutrientes, en especial compuestos susceptibles al calor (Udomkun et al., 2018)

La liofilización, es una opción de interés como procedimiento de conservación de alimentos, la cual posibilita alargar la época de vida eficaz manteniendo de manera significativa las características físicas y fisicoquímicas en relación con su calidad (Pino et al., 2018).

La liofilización es un procedimiento de deshidratación que está compuesto, primordialmente, por 2 fases: la primera fase se lleva a cabo por medio de la congelación de la muestra y en la segunda fase se hace un secado por sublimación directa del hielo bajo presión limitada. El liofilizado ha sido diseñado con el objetivo de minimizar las pérdidas de los compuestos causantes del sabor y el aroma en los alimentos; los cuales, habitualmente, se pierden con los procedimientos convencionales que aplican calor (Simpalo et al., 2020).

Roberto et al., 2018 definen a la liofilización como una etapa de estabilización, la cual se congela el disolvente primero y después la porción se disminuye por sublimación primaria que sería un secado primario. Subsiguiente, desorción el cual es un secado secundario, se llega a los valores en los cuales se disminuirá las actitudes químicas y el incremento biológico. Aunque este concepto ha ido evolucionando y fueron descritos con más detalles las etapas, el concepto principal es que la liofilización es una etapa la cual permite la estabilización

Armijo et al., 2008 añade que la liofilización es una etapa en la cual el producto pasa a congelación primero y después el agua congelada producida por la congelación es eliminada por el proceso de sublimación generalmente en condiciones de baja temperatura y presión. El proceso de sublimación deja sitio a una lámina porosa seca que luego es retirada constantemente a lo largo del proceso. Es una etapa de conservación por medio de sublimación que se usa con el propósito de minimizar pérdidas de los elementos termosensibles y volátiles. Es el proceso de conservación más noble de productos conocido, debido a que junta a ambos procedimientos confiables de conservación, la deshidratación y la congelación.

Ilustración 1. Esquema de los estados del agua

Fuente: (Santelices & Castro, 2016)

2.3. ETAPAS DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN

El proceso de liofilización consiste de tres etapas: congelamiento, secado primario y secado secundario.

2.3.1. Congelamiento

La funcionalidad primordial de la etapa de congelación es la de aislar el disolvente de los solutos. En un sistema acuoso, el agua forma cristales de hielo, y los solutos van a ser confinados a la zona intersticial entre los cristales de hielo. La temperatura elemental para conseguir la congelación completa de la formulación dependerá de la naturaleza de los disolventes y otros constituyentes que entienden la formulación. La congelación se puede hacer en una unidad de congelación externa o en los estantes del liofilizador. El proceso de congelación es un paso fundamental en el proceso de liofilización (Bui et al., 2018).

2.3.2. Secado primario

Cuando la formulación alcanzó un estado máximo de congelación, la presión del liofilizador se baja, y se suministra calor dando así comienzo a la sublimación de los

cristales de hielo. La terminación de la etapa de secado primario se crea una vez que todos los cristales de hielo se han eliminado de la formulación (Martínez et al., 2019).

El inicio elemental de la sublimación se explica por medio del diagrama de etapas del agua, como se muestra en la Figura. El diagrama de etapas es una representación de la presión de vapor ante la temperatura. Las líneas OA, OB y OC se llaman líneas de fusión, vaporización y de sublimación, respectivamente.

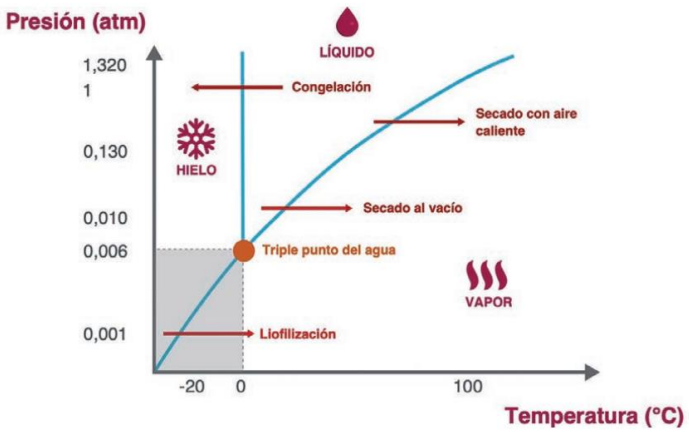


Ilustración 2. Diagrama de fases para el agua pura que explica la sublimación del hielo

Fuente: (Santelices & Castro, 2016)

El punto triple tiene relación con la condición donde las 3 etapas, sólido-líquido-vapor, coexisten en equilibrio. Por arriba de la presión del punto triple, 4.58 mm de Hg, el agua solidificada puede transformarse en vapor, empero anteriormente debería pasar por el estado líquido. Sin embargo, por abajo de esa presión, el paso al estado vapor es directo a partir de la etapa sólida. Para sublimar el agua a partir de las condiciones iniciales 1, primero debemos congelarlo hasta temperaturas por abajo del punto triple 2, a presión usual (760 mm Hg). Después, la presión es limitada por abajo de la presión del punto triple 3. Al final, el agua congelada es calentada a baja presión para sublimar el sólido y pasar al estado vapor (Adali et al., 2020).

2.3.3. Secado secundario

La humedad existente en el producto desde la etapa de secado primario es asimilada por el material o se asimila por la superficie del mismo. En el proceso de secado primario, aún habrá agua remanente sobre el área del alimento. Esta humedad, en funcionalidad de la naturaleza y temperatura de los componentes que conforman el alimento, 8% de peso del producto en seco. En varios casos, encontramos valores de humedad bastante elevados, y el producto no obtendrá la igualdad final deseada. Esa seguridad, se recibe disminuyendo su contenido de humedad por el proceso de desorción. El desenlace por la desorción del resto de agua se consigue remover principalmente por medio del crecimiento de la temperatura del alimento y reduciendo la presión parcial de vapor de agua. La culminación secado secundario, es generalmente el paso final en el proceso de liofilización (Pino et al., 2018).

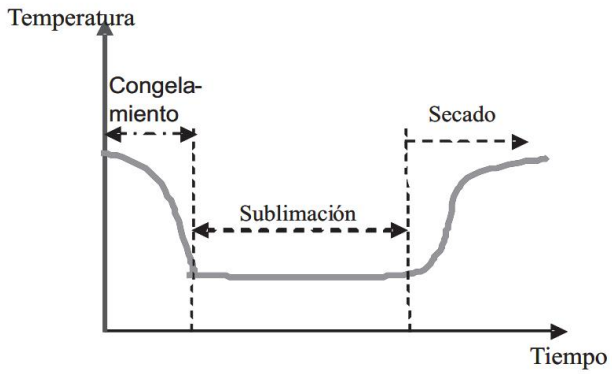


Ilustración 3. Perfil de temperaturas del ciclo de liofilización.

Fuente: (Armijo et al., 2008)

A lo largo de las 3 fases del proceso de liofilización (sublimación, secado primario y secado secundario), tienen la posibilidad de diferenciar 6 fenómenos físicos primordiales que poseen un efecto relevante en el curso del proceso, la calidad del material obtenido y los costes globales del proceso. Dichos son:

- La transición de la etapa del agua almacenada en el producto a hielo.
- La transición de la etapa de hielo a vapor.
- La desorción de las moléculas de agua de las estructuras del material.
- La obtención de una presión suficientemente baja.
- La resublimación del vapor de agua retirado del material en el área del condensador.
- La supresión de una capa de hielo de la superficie del condensador.

Tanto la cinética del proceso como las características del producto obtenido están sujetas a las fronteras en los cuales se generan dichos fenómenos (Nowak & Jakubczyk, 2020).

2.3.4. Nutrientes retenidos

La industrial aplicación de la liofilización a una extensa gama de alimentos fue reducida por su primordial problema: el alto capital y precios de manejo, el producto final debe ser de manera correcta empacado en materiales especiales para evadir la absorción de humedad y oxidación, lo que además se incrementa el precio final del producto (Jayaraman & Das Gupta, 2007).

2.3.5. Control de laboratorio

Se debe contar con una sobresaliente calidad de materias primas a trabajar, como hortalizas, frutas, cereales, carnes y granos que cumplan lo reglamentado por la respectiva normativa, se debe consultar la respectiva Regla Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1751), las cuales establecen los requisitos mínimos que deben exponer frutas y hortalizas en su estado fresco para su repartición y venta, siguiente procesamiento agroindustrial. Principalmente las pruebas fisicoquímicas a hacer son rígidos solubles (°Brix), porcentaje de acidez, Índice de madurez, tamaño o calibre. En cuanto a su calidad microbiológica,

no pueden exponer hongos, o alteraciones microbiológicas, ni aromas o texturas anormales (ejemplo fermentación, ablandamiento, presencia de aspectos negros o blanquecinos de textura algodonosa) aspectos no propios de un alimento fresco (Quinceno et al., 2019).

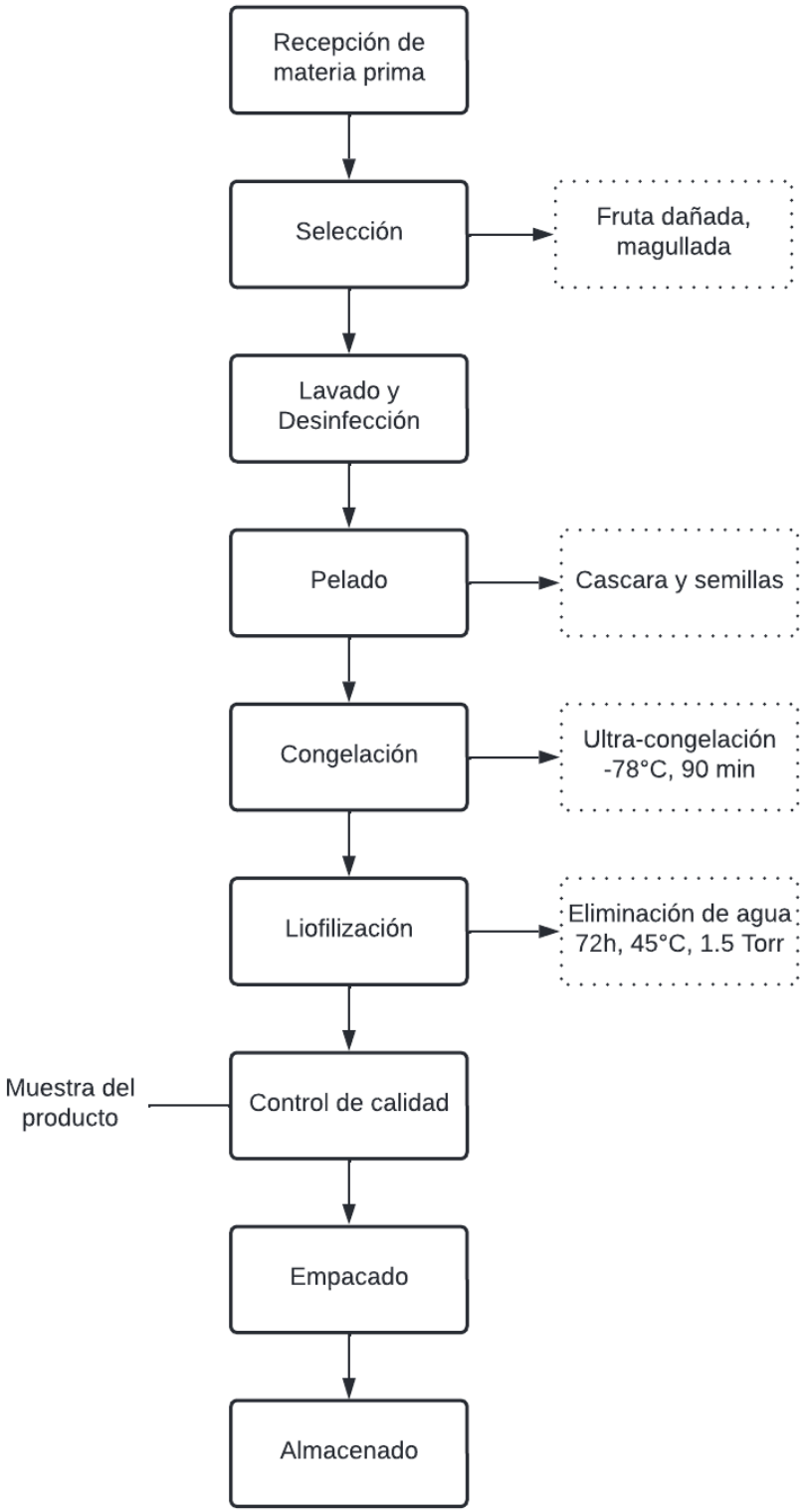
2.3.6. Calidad

Según FAO, 2016 cataloga a la calidad como un conjunto de atributos o características que identifican la naturaleza de un determinado bien o servicio. Esto significa que la calidad no constantemente significa buena calidad, sino un criterio interno que realice bienes aceptables para los consumidores, es decir que tengan la demanda que se espera. Burgoa, 2017 argumenta que la calidad y seguridad de los alimentos, vienen provocando en los países desarrollados una gran a cantidad de normas y reglamentaciones sobre aspectos de la producción, comercialización e información al comprador, los productos procesados son asociados a menor riesgo de contaminación y a más enorme calidad nutricional.

2.4. Operaciones durante el proceso de liofilización (diagrama de flujo)

El proceso de liofilización es dependiente del tipo de producto que se vaya a usar, La metodología es semejante, con varias versiones a mantener el control de. El proceso general se resumirá en el siguiente diagrama.

DIAGRAMA DE PROCESO DE LIOFILIZACIÓN



Fuente: Autor Propio

2.4.1. Información operativa

2.4.1.1. Recepción de la materia primas

En lo que respecta a la recepción de la materia prima se revisa para dictaminar su calidad y que cumpla con las especificaciones en cuanto a sanidad (ausencia de insectos, frutas golpeadas, podrida), la variedad y estado de madurez (grados brix, textura, pH y color).

Se deberá contar con material de calidad y según las características del producto a obtener en cuanto a su tamaño, forma o presentación. Es importante reportar los pesos iniciales para efectos del cálculo de rendimientos, mermas y costos.

2.4.1.2. Selección

Se descarta la fruta magullada o con hongos. La categorización se hace por tamaño y estado de madurez. La fruta debería tener textura firme.

2.4.1.3. Lavado y desinfección

En este proceso se trata de remover cada una de las partículas y componentes que logren contaminar el producto final, conforme el producto a liofilizar se podrán utilizar agentes desinfectantes a base de cloro (hipoclorito de sodio), peróxido de hidrógeno, clorito sódico acidificado, ácido peracético, ácidos orgánicos, entre otros.

2.4.1.4. Pelado

Se realiza un pelado manual en el cual se le extraerá la cascara o piel, igualmente las semillas, en el cual se emplearán cuchillos de acero inoxidable.

2.4.1.5. Congelamiento

Se someten a una temperatura inferior a la de congelación. Al disminuir la temperatura se va separando el agua libre formando cristales y aumentando la concentración del líquido que queda. Normalmente la temperatura que hay que enfriar es inferior a la temperatura de fusión. Se considera que un alimento está congelado cuando

la mayor parte de su contenido acuoso ha pasado a cristales de hielo y para esto se tienen que haber alcanzado temperaturas inferiores a –10º C. Una vez que los alimentos están congelados se almacenan en las cámaras de congelación a unos –18º C a –20º C.

2.4.1.6. Liofilizado

La liofilización, proceso de deshidratación de productos a baja presión (vacío) y moderada temperatura. El procedimiento no altera la composición fisicoquímica del producto y admite su conservación sin cadena de frío, y que su bajo porcentaje de humedad posibilita obtener un producto con una alta estabilidad microbiológica, empleando un tiempo de secado 72 horas, temperatura de cámara 25ºC, temperatura de congelación -45ºC, presión (vacío) 0 a 1.5 Torr (0.002 atm) (Arnaiz & Hilbck, 2022).

2.4.1.7. Control de calidad

Las frutas liofilizadas pasan por un proceso de inspección y se efectúa el control de calidad de una muestra del lote, en esta etapa se controla la contextura de la fruta, forma, color, aroma, sabor y textura

2.4.1.8. Empacado

Los materiales utilizados para el envasado de productos liofilizados deberán llevar a cabo con las condiciones higiénicas de preparación y su previa esterilización anterior a su utilización, así mismo no deberán transferir al producto sabores o aromas anormales o materiales extraños que puedan afectar la inocuidad del alimento. Los materiales más utilizados son polipropileno, polietileno, polipropileno biorientado (BOPP) de acuerdo con el alimento y la máquina de sellado con las cuales se escogerá el mejor calibre y densidad de la bolsa.

2.5. Comparación de los aspectos físicos y químicos de alimentos sometidos a un proceso de liofilización.

En la indagación Pino et al., 2018 aplico proceso deshidratación por liofilización a la fruta el banano en diferentes estado de maduración, donde anteriormente se le otorgó un pre procedimiento de aseo y sanitización, después cortaron en rodajas de alrededor de 4 mm, aplicaron anteriormente una congelación de 2 temperaturas -16°C y -78°C por (1hora) para evadir la oxidación del fruto y obtener una eficiente liofilización, se utilizó una maquinaria Thermovac con una temperatura - 40° C y un grado de vacío equivalente a 130 micrones de Hg por un periodo de 48 horas.

***Tabla 1**. Cuadro comparativo de las bananas frescas y liofilizadas en los tres estados de maduración*

Banano	**Pesos de bananas frescas (g)**	**Pesos de bananas liofilizadas (g)**	**% Reducción agua**	**Brix bananas frescas**	**Brix bananas liofilizada**	**% Reducción ST**
M1	83,72	23,35	72,11 %	12,4 °Brix	12,0 °Brix	3,2 %
M2	90,94	27,58	72,44 %	16,33 °Brix	15,13 °Brix	1,22 %
M3	86,92	22,21	74,42 %	19,66 °Brix	19,33 °Brix	2,7 %

(Pino et al., 2018)

Donde se puede valorar la pérdida de un 70 % en los 3 tratamientos y en diferentes estados de maduración la pérdida de tu tamaño dando de esta forma un proceso eficiente en la supresión del agua para los deshidratados de frutas.

Auquiñivin & Paucar (2020), en su investigación usa 2 frutas “papaya de monte” (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) y “babaco” (*Carica pentagona* Heilborn) donde

hace la comparación de las propiedades físico químicas y nutricionalmente de las frutas en estado fresco y liofilizado, donde anteriormente se le otorgó un pre procedimiento de aseo y sanitización, después trituran para obtener muestras sólidas y liquidas del fruto donde se obtuvo la pulpa para después el proceso de la deshidratación liofilizada

Tabla 2. *Cuadro comparativo de las características físicas y químicas de las frutas papaya y babaco en estado fresco y liofilizado.*

Fruta	humedad (%)	Acidez (%)	Ceniza (%)	°Brix %	pH	Aw	Comp. Fenólicos
Papaya fresca	87,79 %	0,22 %	0,57 %	6,63 %	4,00		1,46
Babaco fresco	905 %	0,60 %	1,00 %	5,75%	3,82		0,46
Papaya liofilizada	0,46 %	6,49 %	5,00 %	5,75 %	4,15	0,31	349,3
Babaco liofilizado	0,61 %	4,95 %	3,4 %	5,6 %	4,49	0,29	59,67

Fuente: (Auquiñivin & Paucar, 2020)

En la exploración de datos se observa una diferencia comparativa de compuestos fenoles totales, que la pulpa de papaya tiene más capacidad antioxidante que la pulpa de babaco.

3. CONCLUSIONES

La deshidratación ha evolucionado con el pasar del tiempo hasta llegar al tratamiento denominado liofilización, donde este tratamiento es aplicable en diversos alimentos teniendo una efectividad mucho más alta en la eliminación del agua existente en los alimentos abarcando más de un 80% en la eliminación del mismo, conservando sus características físicas, químicas, nutricionales y organolépticas prolongando su vida útil, ya que el con el método de liofilización se puede encontrar mejores resultados en lo que respecta a la pérdida de agua, ganancia de sólidos y en pérdida de peso.

Durante la comparación de las características físico-químicas de alimentos en estado fresco y aplicando el método de liofilizado, se evidencia en los datos expuestos por los investigadores que existen diferencias en peso, humedad, Brix, acidez y actividad de agua, se determina que el método de liofilización conserva mejor los aspectos organolépticos propios del alimento como sabor, color, olor y textura y por no desnaturalizar los nutrientes existentes en el alimento.

Los beneficios de método de la liofilización dentro la industrialización son mucho ya que está comprobado que se elimina más del 80 % evitando el crecimiento de microorganismos y enzimas que son factores de deterioro, teniendo un alimento que perdure por más tiempo y su vida útil sea entre 15 a 25 años en lo cual se convierte en un alimento con una estabilidad larga siempre cuando el producto tengas las condiciones de almacenamiento y el enbase correcto. El método conserva los valores nutricionales en un 95%, también en aspectos organolépticos es similar al fresco y su rehidratación es instantánea.

4. BIBLIOGRAFÍA

Adali, M. B., Barresi, A. A., Boccardo, G., & Pisano, R. (2020). Spray Freeze-Drying as a Solution to Continuous Manufacturing of Pharmaceutical Products in Bulk. *Processes 2020, Vol. 8, Page 709*, *8*(6), 709. https://doi.org/10.3390/PR8060709

Armijo, J., Condorhuaman, C., & Hilario, B. (2008). ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL CIClO DE LIOFILIZACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS NATURALES. In *rev. Per. Quím. ing. Quím* (Vol. 11, Issue 2). https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4675/3749

Arnaiz, P., & Hilbck, E. (2022). *Efecto de la cocción de papas comerciales con y sin cáscara en la concentración de glicoalcaloides*. 1–34. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622850

Auquiñivin, E., & Paucar, L. (2020). Comparative study of the physicochemical characteristics and shelf life of native papayas, “monte papayita” (Carica pubescens Lenné & K. Koch) and “babaco” (Carica pentagona Heilborn) (Caricaceae) dehydrated by lyophilization. *ArnaldoA*, *27*(1), 115–128. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27105

Bui, L., Coad, R., & Stanley, R. (2018). Properties of rehydrated freeze dried rice as a function of processing treatments. *LWT*, *91*, 143–150. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.01.039

Burgoa, P. B. (2017). *RENTABILIDAD DE LOS METODOS TRADICIONAL Y SOLAR TIPO TUNEL DE LA DESHIDRATACION DEL DURAZNO (Prunus pérsica), EN EL MUNICIPIO DE SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA*

PAZ. 130. https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15325/T-2479.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Domin, M., Dziki, D., Kłapsia, S., Blicharz-Kania, A., Biernacka, B., & Krzykowski, A. (2020). Influence of the Freeze-drying Conditions on the Physicochemical Properties and Grinding Characteristics of Kiwi. *International Journal of Food Engineering*, *16*(1–2). https://doi.org/10.1515/IJFE-2018-0315/MACHINEREADABLECITATION/RIS

FAO. (2016). *Fichas Tècnicas. Procesados de hortalizas*. 34. http://www.fao.org/3/a-au169s.pdf

Harguindeguy, M., Bobba, S., Colucci, D., & Fissore, D. (2019). Effect of vacuum freeze-drying on the antioxidant properties of eggplants (Solanum melongena L.). https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1699834

Jayaraman, K. S., & Das Gupta, D. K. (2007). DEHYDRATION OF FRUITS AND VEGETABLES - RECENT DEVELOPMENTS IN PRINCIPLES AND TECHNIQUES. *Https://Doi.Org/10.1080/07373939208916413*, *10*(1), 1–50. https://doi.org/10.1080/07373939208916413

Martínez, N., Salvador, A., Oliva, C., & Camacho, M. M. (2019). Influence of biopolymers and freeze-drying shelf temperature on the quality of a mandarin snack. *LWT*, *99*, 57–61. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.09.040

Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods 2020, Vol. 9, Page 1488*, *9*(10), 1488. https://doi.org/10.3390/FOODS9101488

Pino, F., Villamar, S., Basantes, E., & Zambrano, T. (2018). *"EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN EN BANANA (MUSA X PARADISÍACA) COMO TECNOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN ALIMENTARIA" (Evaluation of freeze-drying process in banana (Musa x paradisíaca) as food processing technology) 1*, 1–19. http://www.eumed.net/2/rev/oel/2018/03/proceso-liofilizacion-banana.html

Quinceno, J., Barrera, E., & Estrada, E. (2019). *Apuntes sobre deshidratación aplicable a frutas y hortalizas*. In SENA. Centro de La Innovación, La Agroindustria y La Aviación. https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5798

Reale, V., Torrez, R., & Giner, S. (2019). *Desarrollo de un proceso para la obtención de snacks saludables de frutas mediante liofilización*. Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75701

Reyes, C., & Lanari, M. (2020). Storage stability of freeze-dried arazá (Eugenia stipitata Mc Vaugh) powders. Implications of carrier type and glass transition. *LWT*, *118*, 108842. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108842

Santelices, C., & Castro, J. (2016). Preservación de microorganismos por liofilización. *Boletín INIA Nº 428*, 93–115. https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/67166/NR42412.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Septembre, A., Remize, F., & Poucheret, P. (2018). Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, *104*, 86–99. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.09.031

Simpalo, W., Miñan, G., Galarreta, G., & Castillo, W. (2020). Physicochemical

characterization of a wild fruit of cactaceae (Haageocereus pseudomelanostele). Dehydrated by different methods for preserving its vitamin C content. *Repositorio Institucional - UCV*. https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.114

Udomkun, P., Argyropoulos, D., Nagle, M., Mahayothee, B., Oladeji, A. E., & Müller, J. (2018). Changes in microstructure and functional properties of papaya as affected by osmotic pre-treatment combined with freeze-drying. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *12*(2), 1028–1037. https://doi.org/10.1007/S11694-018-9718-3

Valle, L. (2018). *Selección de bacterias lácticas autóctonas para su potencial aplicación en la conservación de alimentos de origen vegetal mínimamente procesados*. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/79215