



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN EN FRESA
(*Fragaria ananassa*) PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORA: ANDREA NATALIA GUALLPA ALLAICO

DIRECTOR: Ing. LUIS FERNANDO ARBOLEDA ÁLVAREZ PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Andrea Natalia Gualpa Allaico**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Andrea Natalia Gualpa Allaico, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de julio de 2021

Andrea Natalia Gualpa Allaico
060529353-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN EN FRESA (*Fragaria ananassa*) PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**”, realizado por la señorita: **ANDREA NATALIA GUALPA ALLAICO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

BQF. María Verónica González Cabrera MsC.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

26 de julio de 2021

Ing. Luis Fernando Arboleda Álvarez PhD.
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

26 de julio de 2021

BQF. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

26 de julio de 2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico en primer lugar a Dios por iluminarme y darme fuerzas en cada segundo de la vida, por darme salud y permitirme alcanzar mis metas propuestas. A mi madre Elsa quien con su infinito amor, sacrificio y esfuerzo a sabido guiarme por un buen camino y ayudarme para seguir adelante con mis estudios. A todos mis hermanos quienes me apoyaron y me comprendieron para lograr mis objetivos. A mi hijo ya que ha sido mi motor fundamental para superarme y afrontar cada obstáculo en mi vida. Finalmente, a mi amigo y confidente Alex quien con paciencia me ha sabido alentar e impulsar durante toda esta etapa de mi carrera.

Andrea G.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones, por darme la inteligencia y por ser mi guía en cada etapa de mi vida estudiantil. A mi madre pues gracias a ella he podido ser una persona responsable y he logrado culminar con mis estudios. A mis hermanos que siempre han estado apoyándome moral y económicamente. A mi hijo y a mi pareja quienes han sido mi alegría y mi apoyo incondicional en todo momento. A todos mis familiares, amigos y maestros quienes de una u otra manera estuvieron apoyándome en cada momento para culminar mi carrera profesional.

Andrea G.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Fresa.....	3
<i>1.1.1. Historia y origen</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2. Taxonomía y morfología</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2.1. Taxonomía</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2.2. Morfología de la planta.....</i>	<i>4</i>
1.1.3. Requerimientos climáticos.....	5
<i>1.1.3.1. Suelo</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3.2. Clima</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3.3. Temperatura</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3.4. Humedad.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3.5. Agua de riego.....</i>	<i>5</i>
1.1.4. Variedades	5
1.1.5. Zonas de cultivo en Ecuador	6
1.1.6. Cosecha	6
1.1.7. Post-cosecha.....	6
1.1.8. Valor nutricional	6
1.1.9. Actividad antioxidante	7

1.1.10. Principales usos de la frutilla	8
1.1.10.1. Medicinales.....	8
1.1.10.2. Industriales	8
1.2. Conservación de alimentos	9
1.2.1. Tipos de alteraciones de los alimentos	9
1.2.1.1. Agentes físicos	9
1.2.1.2. Agentes químicos	9
1.2.1.3. Agentes biológicos.....	9
1.2.2. Métodos de conservación.....	9
1.2.2.1. Tratamiento térmico	9
1.2.2.2. Control temperatura	10
1.2.2.3. Por reducción de agua	10
1.3. Liofilización.....	10
1.3.1. Historia de la liofilización	11
1.3.2. Proceso de liofilización	11
1.3.2.1. Congelación.....	11
1.3.2.2. Secado Primario	12
1.3.2.3. Secado secundario.....	12
1.3.3. Elementos básicos de un liofilizador	13
1.3.3.1. Cámara de secado	13
1.3.3.2. Bomba de vacío	13
1.3.3.3. Condensador.....	13
1.3.3.4. Cámara de secado por congelación	13
1.3.3.5. Sistema de calentamiento	13
1.3.4. Equipos de liofilización	14
1.3.4.1. Liofilizador Lyovapor L-200.....	14
1.3.4.2. Liofilizador L-300.....	14
1.3.4.3. Liofilizador FD-2000.....	15
1.3.5. Ventajas y desventajas de la liofilización	15

1.3.6.	<i>Diferencia entre liofilización y secado convencional</i>	16
1.3.7.	<i>Áreas de aplicación de la liofilización</i>	16
1.3.7.1.	<i>Medicina</i>	16
1.3.7.2.	<i>Veterinaria</i>	17
1.3.7.3.	<i>Agronomía</i>	17
1.3.7.4.	<i>Industria alimentaria</i>	17
1.3.8.	<i>Producto liofilizado</i>	17

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	18
2.1.	Métodos para sistematización de la información	18
2.1.1.	<i>Materiales y métodos</i>	19
2.1.1.1.	<i>Recursos tangibles</i>	19
2.1.1.2.	<i>Recursos intangibles</i>	19
2.1.2.	<i>Criterios de selección</i>	19

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN	20
3.1.	Evaluación del proceso de liofilización y su efecto en distintas frutas	20
3.2.	Descripción de las características físico-químicas y organolépticas de la fresa liofilizada	22
3.2.1.	<i>Humedad</i>	22
3.2.2.	<i>Proteína</i>	23
3.2.3.	<i>Vitamina C</i>	24
3.2.4.	<i>Polifenoles</i>	25
3.2.5.	<i>Antocianinas</i>	26
3.2.6.	<i>Capacidad de rehidratación</i>	27

3.2.7. <i>Características organolépticas</i>	28
3.3. Evaluación de los principales usos de la fresa liofilizada en la industria alimentaria	29
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica de la fresa	4
Tabla 2-1:	Composición nutricional de la frutilla por cada 100 g	7
Tabla 3-1:	Ventajas y desventajas del proceso de liofilización	15
Tabla 4-1:	Diferencia entre la liofilización y el secado convencional	16
Tabla 5-1:	Alimentos liofilizados	17
Tabla 1-3:	Proceso de liofilización y su efecto en distintas frutas	21
Tabla 2-3:	Porcentaje de humedad presente en la fresa liofilizada	23
Tabla 3-3:	Porcentaje de proteína presente en la fresa liofilizada.....	24
Tabla 4-3:	Cantidad de vitamina C presente en la fresa liofilizada	24
Tabla 5-3:	Cantidad de polifenoles presente en la fresa liofilizada	25
Tabla 6-3:	Cantidad de antocianinas presente en la fresa liofilizada	27
Tabla 7-3:	Capacidad de rehidratación de la fresa liofilizada.....	28
Tabla 8-3:	Características organolépticas de fresa liofilizada.....	28
Tabla 9-3:	Aplicación de fresa liofilizada en la industria alimentaria	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Fruto de la fresa	3
Figura 2-1:	Etapas del proceso de liofilización.....	12
Figura 3-1:	Esquema de los componentes de un liofilizador	13
Figura 4-1:	Liofilizador Lyovapor L-200	14
Figura 5-1:	Liofilizador L-300.....	14
Figura 6-1:	Liofilizador FD-2000	15
Figura 1-2:	Proceso de recopilación de información	18

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PROCESO DE LA LIOFILIZACIÓN DE FRESA

ANEXO B: LIOFILIZADOR MICROMODULO 115

ANEXO C: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN

ANEXO D: FRESA LIOFILIZADA ENTERA Y EN POLVO

ANEXO E: YOGUR CON ADICIÓN DE FRESA LIOFILIZADA EN POLVO

ANEXO F: HELADO ELABORADO CON Y SIN ADICIÓN DE POLVO DE FRESA LIOFILIZADA

ANEXO G: CHOCOFRUTA ELABORADO CON FRESA LIOFILIZADA

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue recopilar información sobre el proceso de liofilización en fresa y su aplicación en la industria alimentaria. La fresa (*Fragaria ananassa*) es una fruta que se destaca por su intenso sabor y sus propiedades nutritivas y antioxidantes, especialmente por su alto contenido de vitamina C, polifenoles y antocianinas. La liofilización es un método de secado que consiste en congelar los alimentos a baja presión y eliminar el agua mediante sublimación, permitiendo así conservar las características físico-químicas y organolépticas de los mismos. La revisión bibliográfica se realizó en documentos digitales como tesis, revistas científicas, libros y manuales de sitios web como: Scielo, Scopus, Google académico, Dspace ESPOCH, entre otros. Los resultados expresan que la fresa liofilizada en cuanto a sus propiedades físico-químicas obtuvo un promedio de humedad de 2,48 %, proteína 6,52 %, vitamina C 196,61 mg/100g, polifenoles 6899,04 mg/100g, antocianinas 581,68 mg/100g y una capacidad de rehidratación de 8,4 minutos. En las propiedades organolépticas como el color, olor y sabor no existieron diferencias significativas en comparación con la fruta fresca. Su aplicación en la industria alimentaria presentó una gran aceptabilidad en la elaboración de varios productos como: yogur con una concentración de 5 % de fresa liofilizada como colorante y saborizante natural, en la elaboración de helado se empleó una concentración de 2,5 % como estabilizante, en pure se utilizó 60 % de fresa liofilizada y en chocofruta y snacks de alto valor nutricional se incorporó 90 % y 75 % de liofilizado respectivamente.

Palabras claves: < LIOFILIZACIÓN> <FRESA (*Fragaria ananassa*)> <EVALUACIÓN>
<CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS> <ALIMENTOS>

ABSTRACT

The objective of this research was to collect information on the freeze-drying process in strawberry and its application in the food industry. Strawberry (*Fragaria ananassa*) is a fruit that stands out for its intense flavor and its nutritional and antioxidant properties, especially for its high content of vitamin C, polyphenols and anthocyanins. Freeze-drying is a drying method that consists of freezing food at low pressure and eliminating water by sublimation allowing to preserve their physical-chemical and organoleptic characteristics. The bibliographic review was carried out on digital documents such as theses, scientific journals, books and manuals from websites such as: Scielo, Scopus, academic Google, DSpace ESPOCH, and others. The results express that the freeze-dried strawberry in terms of its physical-chemical properties obtained an average humidity of 2.48%, protein 6.52%, vitamin C 196.61 mg / 100g, polyphenols 6899.04 mg / 100g, anthocyanins 581.68 mg / 100g and a rehydration capacity of 8.4 minutes. In the organoleptic properties such as color, smell and taste, there were no significant differences compared to fresh fruit. Its application in the food industry showed great acceptability in the production of various products such as: yogurt with a concentration of 5% of freeze-dried strawberry as a colorant and natural flavoring. In the production of ice cream, a concentration of 2.5% was used as a stabilizer. In pure, 60% of lyophilized strawberry was used and in chocolate fruit and snacks of high nutritional value, 90% and 75% of lyophilized were incorporated respectively.

Keywords: <LYOPHILIZATION> <STRAWBERRY (*Fragaria ananassa*)> <EVALUATION>
<PHYSICAL CHEMICAL CHARACTERISTICS> <FOODS>

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria ananassa*), es una fruta blanda de color rojo brillante, a la que millones de personas incluyen en su dieta, gracias a sus propiedades organolépticas y nutricionales, y en especial por ser una fuente rica en antioxidantes como la vitamina C y compuestos fenólicos (López et al., 2018, p. 150).

Es una fruta ligera pues el 85 % de su composición es agua, haciéndola susceptible al deterioro por microorganismos, llegando a tener una vida útil de 2 a 3 días después de la cosecha, por lo cual, con el fin de alargar su vida útil se la puede someter a diferentes procesos de conservación (Alvarado, 2017, p. 30).

Los beneficios de la fresa para la salud están determinados por la abundancia de compuestos biológicamente activos que apoyan la resistencia natural del organismo ayudando a neutralizar el daño producido por los radicales libres reduciendo así el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y cancerígenas (Kowalska et al., 2018, p. 8).

Actualmente entidades mundiales como la FAO y la OMS están promoviendo el consumo de 400 g de fruta por día, ya que son de vital importancia pues aportan nutrientes esenciales como vitaminas, minerales y compuestos bioactivos que permiten mejorar la salud de la sociedad (Ruiz et al., 2015, p. 1).

La industria alimentaria busca aumentar la vida útil de las frutas, así como conservar las características nutricionales de alimentos procesados mediante varias técnicas, el secado es un método cada vez más utilizado en la conservación, siendo la liofilización el procedimiento de deshidratación más confiable ya que mantiene las características sensoriales y nutricionales de un producto biológico (Ayala et al., 2010, p. 122).

La liofilización consta de tres pasos fundamentales que son: congelación, secado primario y secado secundario, dicho proceso consiste en congelar el producto y remover el hielo aplicando calor en condiciones de vacío, de este modo el hielo sublima evitando el paso por la fase líquida, el porcentaje de humedad final será del 2 al 5 %, permitiendo obtener un producto con elevada estabilidad microbiológica y facilitando su distribución y almacenamiento (Bautista et al., 2014, p. 38).

Según, (Parzanese, 2015, p. 3) los alimentos pueden ser liofilizados en diferentes formatos como: cubos, deshilachado, tiras, picado, granulado o polvo, y luego pueden ser utilizados como ingredientes en la fabricación de sopas instantáneas, salsas, caldos en polvo, caldos en cubos, jugos instantáneos, pures, confitería y repostería, o como productos de consumo directo como snacks, cereales, alimentos funcionales, entre otros.

El presente estudio tiene como propósito investigar sobre el efecto que tiene el proceso de liofilización sobre las características físico-químicas y organolépticas de la fresa, de igual forma recopilar información acerca de la incorporación de fresa liofilizada en productos elaborados, así como su consumo directo, permitiendo contribuir a futuras investigaciones relacionadas con dicho tema, de igual forma motivar a los productores de fresa y personas que deseen emprender, para que puedan aplicar dicha tecnología en el país ya que día a día se va extendiendo y aplicando en muchos alimentos. Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Investigar sobre el proceso de liofilización y su efecto en las frutas.
- Describir las características físico-químicas y organolépticas de la fresa liofilizada.
- Definir sobre los principales usos que se le puede dar a la fresa liofilizada dentro de la industria alimentaria.

La investigación forma parte del proyecto “Estudio de factibilidad técnico, económica y ambiental de una planta piloto para la obtención de frutas deshidratadas y sus derivados” a cargo del Ing. Darío Javier Baño Ayala PhD de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Fresa

Es una planta perenne de la familia de las Rosáceas, es una baya pequeña compuesta por un tallo corto con numerosos frutos de forma cónica y de intenso color rojo cuando alcanza su punto de maduración (Gutiérrez, 2019, p. 14).

Las frutillas son muy cotizadas en el mercado, esto se debe a los beneficios nutricionales que posee dicha fruta, pues son ricas en polifenoles, antocianinas y ácidos fenólicos. Además, son una fuente excelente de vitamina C, cobre, potasio, fósforo, magnesio, manganeso, fibra, vitamina B6 y omega-3 (Kusch, 2018, p. 19).



Figura 1-1: Fruto de la fresa

Fuente: Gutiérrez, 2019, p. 14

1.1.1. Historia y origen

Los primeros registros que se tiene sobre el cultivo de frutilla se dan en el año 1400, cuando en Europa especialmente en Francia e Inglaterra se encontraron grandes superficies de esta planta en los bosques, se trataba de una frutilla silvestre que se denominaba *Fragaria vesca*, conocida como “Frutilla de los Bosques” esta planta era apreciada fundamentalmente como ornamental ya que poseía flores atractivas (Medina, 2015, p. 6).

En 1614 se descubrió por primera vez en Chile frutos grandes de fresa que fueron clasificados como *Fragaria chiloensis*, conocida como fresa de Chile. A partir de 1712 esta variedad fue trasladada a Europa para generar un híbrido junto con otra variedad *Fragaria virginiana* proveniente de Norte América, obteniéndose la variedad *Fragaria x ananassa* especie que

rápidamente se extendió por América y Europa siendo la más cultivada en la actualidad (Llumiangua, 2017, p. 3).

A partir de 1834 en Estados Unidos se creó la primera variedad comercial más resistente al frío, la obtención de dichos híbridos ha transformado a la frutilla en un cultivo de importancia económica en todo el mundo, ya que permite obtener muchos kilos por metro cuadrado en frutas de gran tamaño sin importar que sean menos aromáticas y sabrosas que las especies puras (Caminiti, 2015, p. 5).

1.1.2. Taxonomía y morfología

1.1.2.1. Taxonomía

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la fresa

Reino	Vegetal
Orden	Rosales
Familia	Rosáceas
Subfamilia	Rosídeas
Género	Fragaria
Especie	Fragaria ananassa Duch
Nombre común	Fresa

Fuente: Maroto, 2002 p. 447

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

1.1.2.2. Morfología de la planta

La planta de frutilla es de tipo herbáceo y perenne, tiene un sistema radicular fasciculado, constituido de raíces y raicillas, siendo las primeras el soporte de la planta y las segundas absorben los nutrientes y almacenan las sustancias de reserva.

El tallo está constituido por un eje corto de aspecto cónico que se denomina corona, en el cual se observa numerosas escamas foliares denominadas estolones los cuales tienden a introducirse en el suelo, son algo vellosas y nacen en la axila de cada hoja.

Sus hojas parecen en roseta encima de la corona, son largamente pecioladas con dos estipulas rojizas, su limbo se encuentra dividido en tres folículos de bordes aserrados de diferentes tonalidades de verde según la variedad y con el envés recubierto de pelos (Maroto, 2002, p. 447).

La flor de la fresa posee de 5 a 6 pétalos, dichas flores son femeninas o hermafroditas, las primeras son pequeñas y presentan anteras atrofiadas, las segundas cuentan con estambres de color amarillo y contienen polen en las anteras.

Los frutos de la fresa varían de un color rojo claro a rojo oscuro, son no climatéricos, de forma globosa cónica y presentan un peso promedio de 6 a 14 g, su parte comestible se denomina receptáculo en el cual se alojan numerosos aquenios que son frutos secos de 1 mm de largo aproximadamente (Figeroa et al., 2018, p. 7).

1.1.3. Requerimientos climáticos

1.1.3.1. Suelo

La fresa requiere de un suelo arenoso o franco arenoso especialmente que sean ricos en materia orgánica, aireados, equilibrados y bien drenados (Galárraga, 2015, p. 13).

1.1.3.2. Clima

Los climas templados son los ideales para dicha fruta sin embargo pueden resistir a los climas fríos, pero se produce una deformación en los frutos, en especial los que son de variedad grande (Galárraga, 2015, p. 13).

1.1.3.3. Temperatura

Se da muy bien en temperaturas menores a 20 °C, pues ayuda a estimular la floración durante el crecimiento, temperaturas entre 18 y 23 °C son ideales para la maduración de la fruta. El cambio de temperatura puede limitar el desarrollo de las yemas florales (Undurraga y Vargas, 2013, p. 8).

1.1.3.4. Humedad

La humedad ideal es entre 60 y 70 %, cuando esta es excesiva se da la presencia de enfermedades causadas por hongos, por otro lado, si la humedad es deficiente puede producirse daños fisiológicos, lo cual lleva a una mala producción o incluso la muerte de la planta (Undurraga y Vargas, 2013, p. 8).

1.1.3.5. Agua de riego

La fresa necesita gran disponibilidad de agua, que sea suficiente a lo largo del cultivo, en época de producción es importante los riegos diarios los cuales pueden variar según el clima y el suelo, el agua debe ser libre de sales para permitir una gran producción (Undurraga y Vargas, 2013, p. 8).

1.1.4. Variedades

Según (Chiqui y Lema, 2010, p. 4) en el mundo se conocen más de 1000 variedades de fresa por la gran capacidad de hibridación que presenta la especie, siendo las más cultivadas las siguientes:

- Tudla: a esta variedad se la conoce por su resistencia a la clorosis férrica, tiene una producción precoz, frutos grandes, aromáticos, alargados y de color rojo intenso.

- Camarosa: se caracteriza por una gran adaptación climatológica, produciendo frutos durante 6 a 7 meses al año, los frutos son grandes, de color rojo oscuro y de forma cónica.
- Oso grande: tiene una buena resistencia al transporte y es apto para el mercado en fresco, presenta un color rojo anaranjado y es de calibre grueso, además tienen un buen sabor y es adaptable a climas diversos.
- Diamante: Es la variedad que se caracteriza por su gran calidad de fruto ya que presenta un gran tamaño con un peso aproximadamente de 30 a 31 g, es claro, de color intenso, de textura firme y resistente a los ácaros.

1.1.5. Zonas de cultivo en Ecuador

En el Ecuador la fresa se cultiva principalmente en zonas que tienen entre 1300 y 2600 m.s.n.m., entre las variedades de fresa que más se cultivan en el país se encuentran, oso grande, diamante, monterrey y albión. La mayor producción se concentra en Pichincha con 400 ha, Tungurahua con 240 ha, provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay no superan las 40 ha (Chimborazo, 2014, p. 15).

1.1.6. Cosecha

Generalmente la cosecha se realiza cada día o cada dos días dependiendo del año, principalmente se lleva a cabo en la mañana o en horas de menor insolación para evitar la pérdida del agua, debido a que es una fruta altamente perecedera debe cosecharse antes de la madurez plena, pero si se requiere para pulpas la cosecha se realiza cuando la fruta tenga una maduración total (Tonelli, 2010, p. 9).

1.1.7. Post-cosecha

Después de la cosecha la fruta debe pasar a un proceso de enfriamiento durante las tres horas siguientes, luego de este proceso debe ser almacenada a una temperatura de 0-1 °C y humedad relativa de 90-95 %, manteniendo cadena de frío hasta su venta. Las frutas destinadas para la exportación deben ser introducidas en envases de plástico y con una adecuada temperatura de refrigeración (Arellano, 2020, p. 23).

1.1.8. Valor nutricional

Las fresas son frutas que poseen bajo contenido de calorías aproximadamente de 35 Kcal/100 g, contienen un 2,2 % de fibra, 7 % de hidratos de carbono (2,6 % glucosa, 2,3 % fructosa y 1,3 % sacarosa) y su contenido de agua es de 89,6 % (Chordi, 2013, p. 7).

Tienen un alto porcentaje de vitamina C incluso mayor a algunos cítricos como la naranja, además contiene vitaminas B2, B3 y B9, entre los minerales más predominantes se encuentran el potasio, fósforo, magnesio y calcio. (Balladares, 2017, p. 41).

Tabla 2-1: Composición nutricional de la frutilla por cada 100 g

Compuesto	Cantidad
Agua	89,6 g
Energía	35 kcal
Proteína	0,7 g
Grasa	0,5 g
Carbohidratos	7 g
Fibra	2,2 g
Calcio	25 mg
Hierro	0,8 mg
Magnesio	12 mg
Fosforo	26 mg
Potasio	190 mg
Sodio	2 mg
Zinc	0,1 mg
Yodo	8 µg
Manganeso	12 mg
Selenio	1,3 µg
Vitamina C	60 mg
Tiamina	0,02 mg
Riboflavina	0,04 mg
Niacina	0,6 mg
Vitamina A	1 µg
Vitamina B-6	0,06 mg
Folato	20 µg
Vitamina E	0,2 mg

Fuente: FEN, 2018, p. 36

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

1.1.9. Actividad antioxidante

Las fresas poseen varios nutrientes, vitaminas y minerales, pero también constituyen una de las frutas con mayor capacidad antioxidante, ya que contienen compuestos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas) y vitamina C, dichos compuestos contribuyen a la protección de las células frente al daño oxidativo (López, 2017, p. 10). La vitamina C es un antioxidante capaz de disminuir el daño ocasionado por radicales libres en el organismo, considerado uno de los más potentes ya que además de proteger las células, también mejora la absorción del hierro y fortalece el sistema inmunitario (Alao y Tamayo, 2018, p. 26).

Los compuestos fenólicos pueden promover la protección contra los radicales libres en sistemas celulares, esto gracias a la reactividad del grupo fenol, son capaces de inhibir el desarrollo de células metastásicas, adicionalmente las antocianinas son colorantes naturales con potente propiedad antioxidante, responsables del atractivo y brillante color de las fresas (Chordi, 2013, p. 28). Según (Domínguez, 2012, p. 100) las fresas tienen elevada capacidad antioxidante, ya que en un estudio se suministró alrededor de 5 y 10 % de liofilizado de fresa a ratas que se les había inducido cáncer de esófago, obteniendo resultados positivos pues se dio una inhibición dependiente de la concentración.

1.1.10. Principales usos de la frutilla

Según (Fullana y González, 2016, p. 15) en la actualidad la fresa es una fruta muy apetecida por muchas personas ya que presenta gran cantidad de nutrientes esenciales y beneficiosos para la salud de los consumidores, pues permite prevenir ciertas enfermedades por su alto contenido de compuestos bioactivos y su gran capacidad antioxidante, siendo utilizada en varios campos como:

1.1.10.1. Medicinales

La frutilla se emplea como una planta medicinal y curativa ya que en la actualidad ha demostrado ser muy efectiva en varias afecciones, posee un gran poder renal ayudando a disolver los cálculos en los riñones, ayuda en la presión alta, purifica el aparato digestivo, previenen enfermedades como la anemia, obesidad, catarro, colesterol y enfermedades reumáticas (González, 2010, p. 67).

Poseen propiedades antioxidantes gracias a su alto contenido de vitamina C, la cual permite prevenir enfermedades cardíacas, disminuir el riesgo de cáncer de colon, sirve como reconstituyentes y ayudan a eliminar las sustancias de desecho como es el ácido úrico, previniendo enfermedades como la gota (Chipana y Ravagnan, 2018, p. 2). Su fibra ejerce un efecto laxante ayudando a las funciones intestinales y evitando el estreñimiento. Los flavonoides presentes en la fresa y antocianinas intervienen en el proceso de coagulación de la sangre disminuyendo así la formación de trombos, sus ácidos orgánicos poseen efectos desinfectantes y antiinflamatorios (Chacha, 2011, p. 8).

En estudios preliminares con animales también se recomienda que una dieta rica en fresas puede tener el potencial de proporcionar beneficios para envejecimiento cerebral, por otra parte, varios experimentos demuestran la actividad anticancerígena de extractos de fresa y el bloqueo de la formación de tumores (Roussos et al., 2009, p. 138).

1.1.10.2. Industriales

En la industria alimentaria la frutilla es muy apreciada ya que se la puede utilizar en la elaboración de yogures, helados, mermeladas, pulpas, conservas, siendo también muy apetecidas en la

repostería como dulces, pasteles y tartas. Debido a su color rojo vivo se la utiliza en la preparación de bebidas alcohólicas denominado “licor de fresa” el cual se caracteriza por su aroma, sabor y color característico a fresa (Alvarado, 2013, p. 34).

1.2. Conservación de alimentos

La conservación tiene como objetivo aplicar tecnologías para prolongar la vida útil de los alimentos, protegiéndolos de microorganismo patógenos responsables de su deterioro, buscando principalmente preservar las características nutricionales y sensoriales (Aguilar, 2012, p. 23).

1.2.1. Tipos de alteraciones de los alimentos

Los principales factores que causan las alteraciones en los alimentos son las siguientes:

1.2.1.1. Agentes físicos

Los factores físicos están asociados al cambio de la estructura de un alimento, ocasionado principalmente por golpes o deformaciones producidos por factores mecánicos, por la temperatura, la humedad, el aire y la luz (Rodríguez, 2012, p. 23).

1.2.1.2. Agentes químicos

Son aquellos que afectan las características organolépticas de un alimento ya que se dan por varias causas como: oxidación de vitaminas, descomposición proteica, fermentación de glúcidos, enranciamiento de lípidos y pardeamiento enzimático (Condori, 2014, p. 15).

1.2.1.3. Agentes biológicos

Comprenden los cambios que ocurren por, microorganismos, bacterias, virus, hongos, parásitos e insectos, muchos de estos se encuentran presentes en el ambiente y representa un gran riesgo en la inocuidad de los alimentos, produciendo cambios de color, sabor y olor (Salvatierra, 2019, p. 54).

1.2.2. Métodos de conservación

Los métodos de conservación evitan el deterioro de los alimentos producidos por los factores nombrados anteriormente, la mayoría de estos métodos involucran una combinación de técnicas para lograr obtener un producto de calidad que no destruyan los agentes naturales del producto y que no abarquen costos elevados (Ibañez, 2015, p. 3).

Los principales métodos de conservación se clasifican en:

1.2.2.1. Tratamiento térmico

Pasteurización: La pasteurización es un método que consiste en inactivar microorganismos dañinos aplicando al alimento temperaturas entre 62 y 85 ° C, sin afectar negativamente su sabor

y color, permite aumentar la vida útil de los alimentos y lo utiliza en productos como leche y jugos, siendo la leche el alimento que más se pasteuriza (Clayton et al., 2015, p. 3).

Esterilización: Se utiliza para preservar el alimento durante más tiempo sometiéndolo a temperaturas de 100 °C y presiones altas. La desventaja de dicho proceso es que disminuye la calidad del alimento en cuanto a sabor, olor y apariencia, se aplica en alimentos introducidos en recipientes cerrados (García y Lóor, 2017, p. 18).

1.2.2.2. Control temperatura

Refrigeración: Consiste en conservar los alimentos en cámaras industriales o neveras domésticas a bajas temperaturas entre 0 y 6 ° C sin alcanzar la congelación, alarga la vida útil del producto retrasando el proceso bacteriano, pero por un tiempo limitado máximo hasta 5 días ya que no impide el crecimiento de los microorganismos (Piqueras, 2016, p. 18).

Congelación: Es un método adecuado para la conservación de alimentos pues aplica temperaturas de – 18 ° C o inferiores convirtiendo el agua en hielo, consigue una larga duración de alimento y mantiene perfectamente las condiciones organolépticas y nutritivas de los alimentos (Bordón, 2017, p. 53).

1.2.2.3. Por reducción de agua

Deshidratación: La deshidratación consiste en eliminar al máximo el agua contenida en el alimento ya sea de forma artesanal o industrial, en este proceso los alimentos se presentan secos en la superficie y húmedos en el interior, pierden su aroma, sabor y ciertas proteína y vitaminas, al rehidratarlos los alimentos absorben más agua y no llegan a adquirir una textura firme, siendo una desventaja este tipo de conservación (Bordón, 2017, p. 53).

Liofilización: Se trata de un método que consiste en congelar el alimento para luego someterlo a un proceso de vacío, permitiendo que el agua se evapore sin pasar por el estado líquido (sublimación), se caracteriza por ser un proceso que no afecta a los nutrientes del alimento, pero tiene un costo elevado por lo que se puede combinar con otras técnicas de secado para poder hacerlo más económico, suele utilizarse en productos farmacéuticos, concentrados y café instantáneo (Piqueras, 2016, p. 18).

1.3. Liofilización

La liofilización es un proceso mediante el cual el producto se congela y luego al suministrar calor el hielo se elimina por sublimación en condiciones que por lo general son de baja presión y temperatura, permitiendo conservar así las características sensoriales y nutricionales que posee un alimento, las cuales se pierden en las operaciones convencionales de secado, siendo este un

método efectivo para alargar la vida útil de los mismos, el agua es extraída hasta un 95 % (Velasco, 2017, p. 5).

Además, se minimiza la pérdida de componentes aromáticos y no hay movimiento de líquidos o solutos, ni contracción del sólido o endurecimiento superficial permitiendo que el producto mantenga su forma, tamaño y una estructura porosa la cual facilita su rehidratación (Gimeno, 2014, p. 12).

En América Latina, especialmente en los países como Perú, Ecuador y Colombia, se están capacitando fuertemente para el desarrollo y elaboración de productos liofilizados agrícolas, médicos, nutracéuticos y alimentarios. En la actualidad gran parte de las formulaciones de sopas, compotas infantiles, helados, gelatinas entre otros, cuentan con una porción importante de producto liofilizado dando estabilidad en la preparación y aumenta considerablemente el valor de sus productos, lo cual es fácilmente apreciable por el consumidor final (Ocaña, 2013, p. 5).

1.3.1. Historia de la liofilización

La liofilización fue creada como un proceso rudimentario por los incas hace 200 años a. C, en 1943 el profesor Alexander Fleming atribuyo el nombre liofilización a dicho proceso. Durante la segunda guerra mundial se desarrolló comercialmente plasma sanguíneo y la penicilina, siendo el primer uso real de la tecnología de liofilización. En 1958 se dio la introducción en el sector alimentario, pero por ser un proceso muy costoso se aplicó solo a ciertos alimentos como la leche, café, sopas, huevos y zumo de frutas. A partir de 1970 la compañía Liotécnica Ltda., ubicada en San Pablo fue la única empresa latinoamericana que desarrollo esta tecnología, construyendo sus propios equipos de liofilizado dedicándose a la liofilización de alimentos con una capacidad de producción de doce millones de raciones diarias (Ponce, 2014, p. 15).

1.3.2. Proceso de liofilización

El proceso de liofilización consta de tres etapas que son: congelación, secado primario y secado secundario.

1.3.2.1. Congelación

Durante esta etapa el producto se somete a temperaturas por debajo de cero grados centígrados, generalmente entre -18 y -80 ° C el tiempo y la temperatura a la cual es sometida va a depender de la muestra, la temperatura ira bajando hasta que el hielo inicie la etapa de nucleación o formación de cristales y luego inicia la etapa de crecimiento del hielo dando como resultado la congelación de la muestra, en este punto se presentan dos fases es decir cristales de hielo formados por el agua contenida en la muestra y componentes del alimento (Talavera, 2018, p. 13).

En este proceso se busca que el producto congelado tenga una estructura sólida sin intersticios donde haya líquido concentrado, para facilitar el proceso de 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. Estas últimas son propiciadas por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial (Serrano, 2015, p. 14).

1.3.2.2. Secado Primario

La etapa de secado primario consiste en extraer de la muestra congelada la mayor parte del agua, se inicia reduciendo la presión de la cámara y elevando la temperatura de la bandeja para eliminar los cristales de hielo por sublimación. Mediante esta etapa se elimina aproximadamente el 90% del agua total de la fruta, principalmente el agua libre y alguna parte del agua ligada (Salazar y Zúñiga, 2019, p. 27).

La variable de operación más importante en esta etapa es la presión en la cámara, ya que el proceso de sublimación es mucho más eficiente a presiones mínimas pues, el paso de hielo a vapor necesita gran cantidad de energía que se obtienen al tener un alto vacío. Al final del secado primario permanece en la muestra agua no congelada la cual se retira por desorción (Ramos, 2017, p. 60).

1.3.2.3. Secado secundario

El fin de esta etapa es eliminar por desorción el agua que no fue congelada y que se encuentra ligada en el producto, se lleva a cabo a una temperatura hasta un valor próximo al del ambiente y manteniendo el liofilizador a baja presión, logrando una humedad final de hasta el 2 % (Parra, 2015, p. 21).

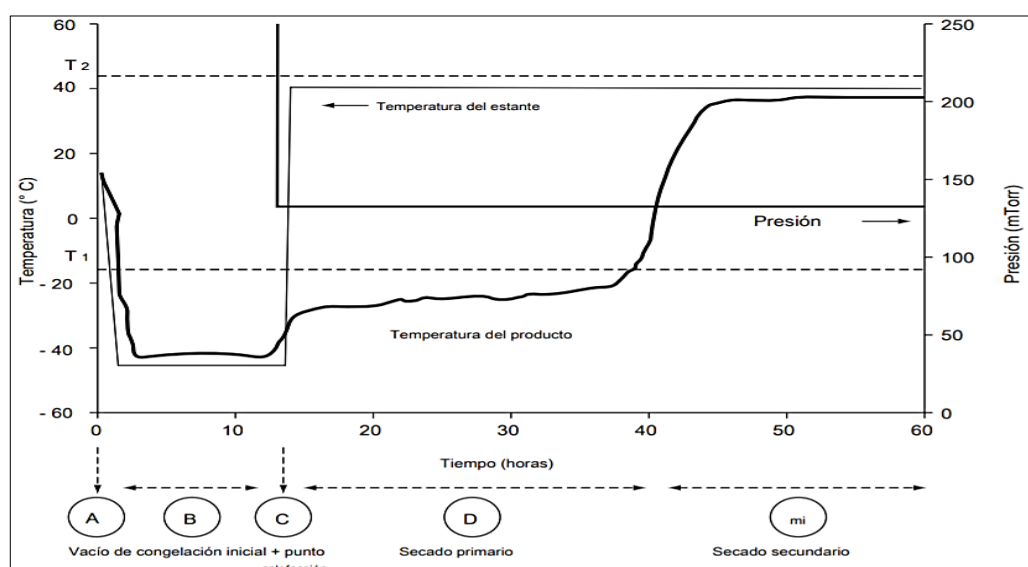


Figura 2-1: Etapas del proceso de liofilización

Fuente: Ratti, 2013, p. 59

1.3.3. Elementos básicos de un liofilizador

El equipo de liofilización está constituido de las siguientes partes:

1.3.3.1. Cámara de secado

La cámara de secado está formada por la pared de la cámara y las bandejas donde se coloca el producto para ser liofilizado, proporciona las temperaturas y presiones necesarias para el proceso.

1.3.3.2. Bomba de vacío

Se encarga de introducir las presiones necesarias para las fases de sublimación y desorción, un rasgo importante de este elemento es que debe estar conectado al condensador.

1.3.3.3. Condensador

Su función principal es la eliminación del vapor de agua que pasa por la cámara de secado, el hielo que se forma en el condensador debe tener máximo de 1 a 1,5 cm.

1.3.3.4. Cámara de secado por congelación

Da lugar a la congelación del alimento para la formación de cristales de hielo, asegurando así la sublimación y desorción, está construida de acero inoxidable.

1.3.3.5. Sistema de calentamiento

Consiste en el calentamiento de la muestra mediante la transferencia de calor desarrollada a través de platos llenos de fluidos los cuales pueden ser controlados (Marín, 2013, p. 34).

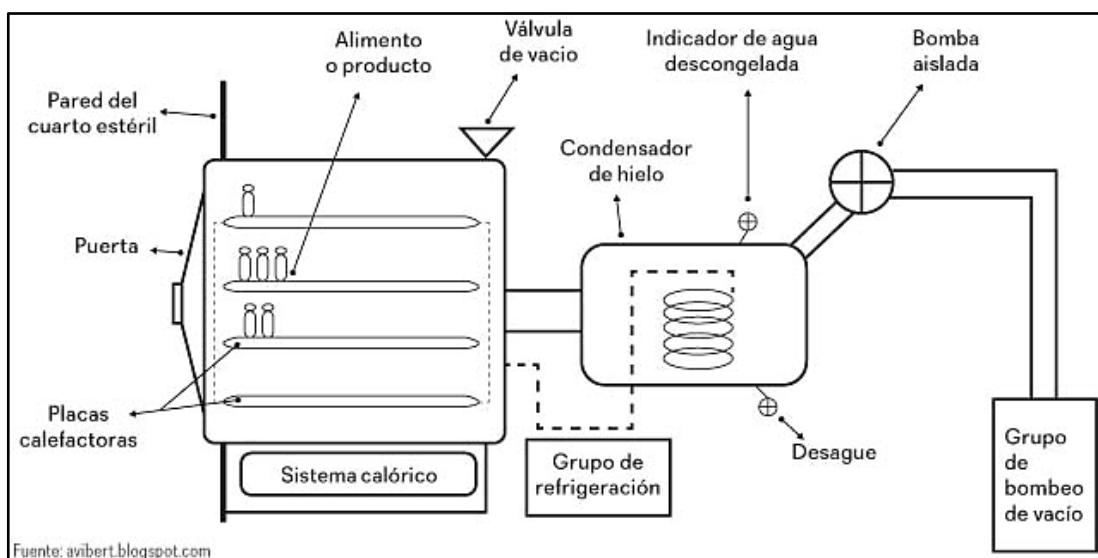


Figura 3-1: Esquema de los componentes de un liofilizador

Fuente: Parzanese, 2015, p. 7

1.3.4. Equipos de liofilización

1.3.4.1. Liofilizador Lyovapor L-200



Figura 4-1: Liofilizador Lyovapor L-200

Fuente: BUCHI, 2020

El liofilizador Lyovapor™ L-200 permite llevar a cabo operaciones de liofilización de alta calidad de todo tipo de alimentos, con parámetros de operación de -55 °C y 6 kg de capacidad, incluye opciones para registrar datos, grabar gráficos en tiempo real e interrumpir el proceso en caso de ser necesario (BUCHI, 2020)

1.3.4.2. Liofilizador L-300



Figura 5-1: Liofilizador L-300

Fuente: BUCHI, 2020

Posee una capacidad de hielo ilimitada gracias al condensador alterno, liofilización de disolventes orgánicos y a base de agua a -105 °C, cuenta con un proceso reproducible gracias a la estabilidad de los parámetros: temperatura de refrigeración, variación de la temperatura del estante ± 1 °C y presión de vacío (BUCHI, 2020).

1.3.4.3. Liofilizador FD-2000



Figura 6-1: Liofilizador FD-2000

Fuente: KEMOLO, 2018

Permite deshidratar por congelación todo tipo de frutas, vegetales, flores, café, productos biológicos, fármacos, etc. La temperatura del condensador es de $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, presión de 10 Pa y una capacidad de 200 kg (KEMOLO, 2018).

1.3.5. Ventajas y desventajas de la liofilización

Tabla 3-1: Ventajas y desventajas del proceso de liofilización

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Retiene propiedades como la forma, aspecto, sabor, color, textura e ingredientes activos.	<ul style="list-style-type: none">• Altos costos de procesamiento.
<ul style="list-style-type: none">• Permite conservar el valor nutricional del alimento.	<ul style="list-style-type: none">• Largo tiempo empleado en el proceso.
<ul style="list-style-type: none">• Facilita una mayor capacidad de reconstitución, debido a la gran porosidad del de los alimentos liofilizados.	<ul style="list-style-type: none">• Gastos de energía intensivos en el secado primario.
<ul style="list-style-type: none">• Las altas temperaturas reducen el peligro de contaminación microbiana.	
<ul style="list-style-type: none">• Mayor tiempo de vida útil por su contenido mínimo de humedad.	
<ul style="list-style-type: none">• Fácil transporte y almacenamiento de los productos.	

- Obtención de colorantes naturales y compuestos nutraceuticos.
- Productos naturales sin presencia de aditivos.

Fuente: Choque y Coronel, 2018, pp. 20-21

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

1.3.6. *Diferencia entre liofilización y secado convencional*

Tabla 4-1: Diferencia entre la liofilización y el secado convencional

Liofilización	Secado convencional
✓ Conservación de las características sensoriales.	✓ Modificación radical en el sabor, color, olor y textura.
✓ El agua se sublima pasando de estado sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido.	✓ El agua pasa de estado líquido a gaseoso (evaporación)
✓ Se obtienen productos más firmes, compactos y crujientes.	✓ Genera daño estructural, adquiriendo una textura blanda y flexible.
✓ Temperaturas por debajo del punto de congelación.	✓ Rango de temperatura entre 37 a 39 °C.
✓ El valor nutritivo se retiene con mayor capacidad.	✓ Los nutrientes de los productos disminuyen significativamente.
✓ Mayor capacidad de rehidratación.	✓ Menor capacidad de rehidratación.
✓ Mayores costos de producción.	✓ Costos de producción bajos.
✓ Requiere de 12 a 24 horas de calor.	✓ Calor requerido de 8 a 12 horas.

Fuente: Páramo y Velandia, 2016, p. 30

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

1.3.7. *Áreas de aplicación de la liofilización*

1.3.7.1. *Medicina*

La liofilización tiene una gran aportación en la farmacéutica ya que se desarrollan compuestos químicos, formulaciones parenterales, vacunas, productos in vivo e in vitro, sueros liofilizados, cremas y champús.

1.3.7.2. Veterinaria

En productos veterinarios se encuentran vacunas individuales, tanto para animales domésticos como para animales a gran escala (Huaraca, 2012, p. 45).

1.3.7.3. Agronomía

En la actualidad los controles biológicos causados por plagas en las plantas se manejan con cepas bacterianas y fúngicas liofilizadas.

1.3.7.4. Industria alimentaria

Los productos alimenticios liofilizados pueden ser utilizados como aditivos en compotas, mermeladas yogures, confitería, chocolates y golosinas, uno de los productos liofilizados más conocidos en el ámbito alimentario es el café, pero hoy en día se puede encontrar gran cantidad de verduras, frutas, especias, hongos y carnes liofilizadas, dando al mercado nuevos productos como son los snacks, sopas deshidratadas, bebidas instantáneas, entre otros (Pino, 2013, pp. 58-59).

Tabla 5-1: Alimentos liofilizados

Sectores	Productos liofilizados
Cárnicos	Carne bovina
	Carne aviar: pechuga de pollo, pechuga de pavo, muslo de pollo.
	Carne porcina: jamón, lomo.
Frutas	Fresas, banana, mora, ananá, frambuesa, guayaba, papaya, piña, mango, etc.
Vegetales	Esparrago, pimienta, zanahoria, brócoli, coliflor, apio, papas, hongos, aceituna, espinaca, cebolla, etc.
Quesos	Queso mozzarella, queso provolone, queso blanco.
Otros	Café, sopas, zumos de frutas, levaduras, caldos, salsa, especias y champiñones.

Fuente: Parzanese, 2015, p. 2; Sagar et al., 2020, p. 9

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

1.3.8. Producto liofilizado

Un producto liofilizado mantiene su aroma, aspecto, color, textura y características nutricionales convirtiéndose en una tendencia actual de alimentación saludable, su proceso de reconstitución o rehidratación es una característica favorable en su consumo.

La vida útil de un producto liofilizado en frutas y verduras es de aproximadamente 12 meses conservándolas en un lugar seco y fresco y al ser refrigeradas se puede conservar hasta 24 meses, en otros productos tienen una vida útil de 6 meses en su envase original (Ocaña, 2013, p. 25).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Métodos para sistematización de la información

La información recolectada es de tipo descriptiva, ya que se buscaron investigaciones que sean similares al tema de estudio, dicha información se analizó y se parafraseo de manera concreta de modo que el lector pueda entender de una forma sencilla, la información obtenida se citó mediante el uso de la Norma ISO 690, ya que proporciona las directrices básicas para la preparación adecuada de las referencias bibliográficas, además se utilizó tablas y cuadros lo cual permitió tener una información sistemática y estructurada.

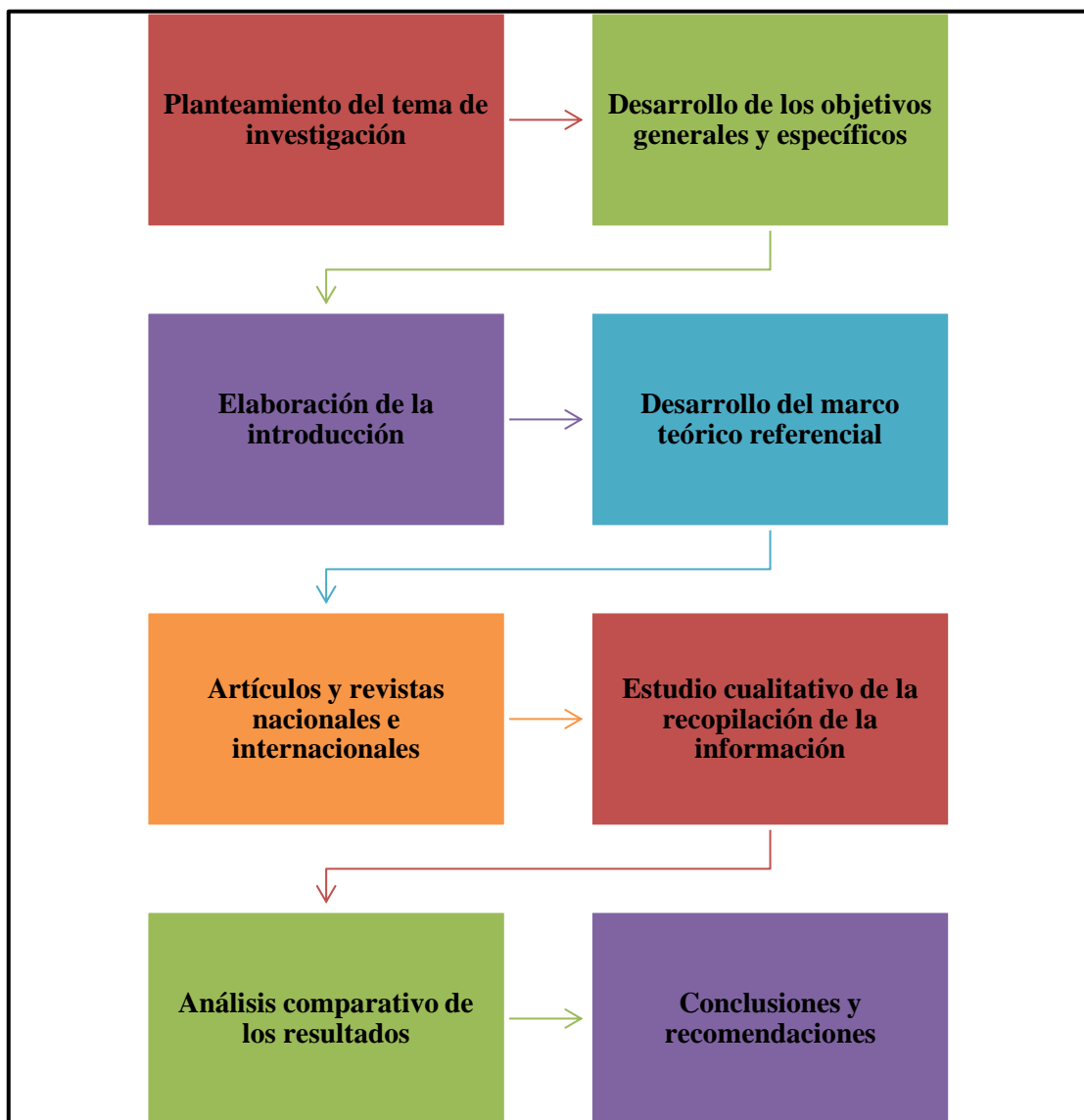


Figura 1-2: Proceso de recopilación de información

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

2.1.1. Materiales y métodos

2.1.1.1. Recursos tangibles

- Computadora
- Teclado
- Mouse
- USB
- Libreta
- Bolígrafo

2.1.1.2. Recursos intangibles

- Word
- Teams
- Gmail
- Scielo
- Scopus
- Google académico
- Dspace ESPOCH

2.1.2. Criterios de selección

Los datos que se tomaron para el desarrollo de la investigación se obtuvieron de diferentes documentos de sitios web como son tesis de tercer y cuarto nivel, de universidades tanto nacionales como internacionales, de igual forma se obtuvo información de artículos científicos, libros, manuales, que se obtuvieron de plataformas digitales como Scielo, Scopus, Google académico y Dspace ESPOCH, dichas plataformas nos proporcionan información confiable y de fácil acceso para una adecuada recopilación de los datos.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación del proceso de liofilización y su efecto en las frutas

La liofilización es un método que requiere un tiempo de secado prolongado y consume cantidades importantes de energía, sin embargo, es una técnica valiosa dentro de la industria alimentaria ya que permite obtener productos de alta calidad, pues conserva las características físico-químicas y organolépticas de los alimentos. Además, permite almacenar los productos por un tiempo prolongado debido a su bajo contenido de humedad, de igual forma ayuda a una fácil manipulación y transporte.

Según (Castaño y Londoño, 2017, p. 30) mencionan que el proceso de liofilización en comparación con los demás métodos de deshidratación, este afecta mínimamente las características del producto, obteniendo un alimento casi idéntico al original en cuanto a sus propiedades organolépticas y nutricionales.

La aplicación del proceso de liofilización en las frutas no solo está aumentando si no también se encuentra diversificándose, las frutas liofilizadas hoy en día se utilizan en una amplia gama de productos alimenticios como dulces, bebidas, pures, sopas, repostería, entre otros. Además, dichos frutos secos presentan una ventaja de consumo a largo plazo, ya que muchas de estas no se encuentran durante todo el año, permitiendo obtener productos orgánicos, libres de aditivos y que otorguen salud al consumidor.

El proceso de liofilización inicia al someter el alimento a congelación a temperaturas bajo cero en donde se forman cristales de hielo y al pasar al secado primario estos se eliminan mediante sublimación en donde se aplica temperaturas y presiones bajas, aquí se elimina la mayor cantidad de agua, sin embargo, queda un pequeño porcentaje de agua ligada la cual se elimina por desorción en el secado secundario quedando una humedad final de hasta el 2 %. La temperatura de congelación, la temperatura de secado y la presión que se aplica en el proceso dependerá siempre del alimento a liofilizar.

En la tabla 1-3 se puede observar el resultado de varios autores sobre el efecto de la liofilización aplicada en diferentes frutas como: uvilla, pitahaya amarilla, mora, naranja y fresa, en donde (Bautista et al., 2014) aplica el método de liofilización en uvillas cortadas en mitades, las cuales preservan el 94 % de vitamina C, considerándose la propiedad funcional más importante de dicho fruto, su contenido de humedad fue mínimo apenas del 5,63 %, además se incorporó 20 % de uvilla liofilizada en yogur, obteniendo una gran aceptación por el panel de degustadores.

Tabla 1-3: Proceso de liofilización y su efecto en distintas frutas

Producto liofilizado	Preparación de la muestra	Condiciones de liofilización	Propiedades del producto liofilizado	Autor
Uvilla	Cortado en mitades	Tcongelación= -30 °C T secado= 40 °C Presión= 1,60 Pa Tiempo= 72,5 h	Humedad 5,63 %, conservación del 94 % de vitamina C y buena aceptación al incorporar en yogur.	(Bautista et al., 2014)
Pitahaya amarilla	Cortes de 40 mm de diámetro y 5 mm de altura.	Tcongelación= -35 °C T secado= 35 °C Presión= 8 Pa Tiempo= 12 h	Aw 0,36, porosidad 84, 52 % y capacidad de rehidratación de 180 minutos.	(Ayala et al., 2010)
Mora	Pulpa con agentes portadores	Tcongelación= -84 °C T secado= 40 °C Presión= 4 Pa Tiempo= 48 h	Mejor retención de compuestos bioactivos, color rosa brillante y humedad 6 %	(Franceschinis et al., 2014)
Naranja	Rodajas de 3, 4 y 5 mm de espesor	Tcongelación= -35 °C T secado= 40 °C Presión= 8 Pa Tiempo= 9 h	Aumento en la porosidad y aw adecuada.	(Mosquera, 2016)
Fresa	Frutillas enteras con micro perforaciones	Tcongelación= -35 °C T secado= 50 °C Presión= 30 Pa Tiempo= 14 h	Menor tiempo de secado, humedad 1,65 %, conserva su calidad, mejor rehidratación.	(Kusch, 2018)

Fuente: Bautista et al., 2014; Ayala et al., 2010; Franceschinis et al., 2014; Mosquera, 2016; Kusch, 2018

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

Según (Ayala et al., 2010) la liofilización es un método adecuado para la conservación de rodajas de pitahaya de 40 mm de diámetro y 5 mm de altura, permitiendo obtener una fruta con aw de 0,36 haciéndolo un producto seguro en el almacenamiento contra microorganismos, además presentó una porosidad alta de 84,52 % pues no existió encogimiento celular y daño estructural de la fruta liofilizada, la capacidad de rehidratación fue de 180 minutos permitiendo una rehidratación aproximada a su contenido inicial de humedad.

En cuanto a los resultados registrados por (Franceschinis et al., 2014) al liofilizar pulpa de mora incorporando maltodextrina y trehalosa, presentaron una humedad del 6 %, los polvos de mora con maltodextrina mostraron una mejor retención de antocianinas y compuestos fenólicos que los polvos con trehalosa, las dos muestras obtuvieron un color rosa brillante en comparación con la muestra original que fue rojo intenso, la diferencia en el color se debe a la variación de las antocianinas durante este proceso.

De acuerdo con (Mosquera, 2016) indica que la liofilización en rodajas de naranja de 3, 4 y 5 mm de espesor obtuvo una aw de 0,19, 0,23 y 0,29 respectivamente, siendo la liofilización un método adecuado para la conservación de dicha fruta ya que los alimentos con aw inferior a 0,4 aseguran la estabilidad de los productos en el almacenamiento, además presentó un aumento de porosidad de 84,71 , 83,77 y 75, 21 % respectivamente, esto debido al espesor de las rodajas de naranja ya que a menor espesor mayor porosidad.

En los resultados evaluados por (Kusch, 2018) menciona que la liofilización de frutillas enteras con micro perforaciones utilizando tecnología láser de CO₂, obtuvieron una humedad de 1,65 % en un tiempo de 14 h de secado en comparación con el tiempo de secado de frutillas sin micro perforaciones que fue de 18 h, lo que equivale a una reducción del 22 % del tiempo empleado, además su color y textura no se vieron perjudicados al aplicar esta tecnología conservando así su calidad, la capacidad de rehidratación fue mejor al aplicar esta tecnología ya que las micro perforaciones aumentan el área de contacto de las frutillas facilitando la transferencia de masa.

3.2. Descripción de las características físico-químicas y organolépticas de la fresa liofilizada

Durante la liofilización, aunque se pueden encontrar algunas pérdidas de vitaminas y otros compuestos bioactivos, este es un método que permite producir alimentos de alto valor debido a la máxima retención de sus características nutricionales y a la calidad de los parámetros de rehidratación (Sagar et al., 2020, p. 2).

3.2.1. Humedad

El agua es un componente fundamental del valor nutritivo de los alimentos, pues su contenido diluye o concentra los nutrientes y otros componentes presentes en ellos, la humedad es la pérdida de peso experimentada por un alimento y se determina al someter la muestra a desecación en estufa de aire caliente a una temperatura de 100 a 105 °C durante 24 h (Huaraca, 2012). El contenido de agua promedio en la fresa fresca se encuentra entre 89-91 %.

Como se puede observar en la tabla 2-3 de acuerdo a las investigaciones el menor porcentaje de humedad fue obtenido por (Kusch, 2018) ya que fue de 1,65 % en comparación con el contenido inicial de la fruta que fue de 92 %, por lo cual cumple con los parámetros establecidos para alimentos liofilizados, según (Muñoz, 2012) un alimento que tenga de 1 a 5 % de humedad final indica que el ciclo de liofilización fue adecuado ya que evita que se desarrollen bacterias y mohos y se deteriore el producto.

Tabla 2-3: Porcentaje de humedad presente en la fresa liofilizada

	Humedad (%)		Autor
	Fresa fresca	Fresa liofilizada	
	92	1,65	(Kusch, 2018)
	89,22	1,93	(Huaraca, 2012)
	89,90	2,40	(Rodríguez, 2016)
	90,78	2,40	(Tarín, 2015)
	91,40	4	(Oliveira et al., 2012)
Promedio	90,66	2,48	

Fuente: Kusch, 2018; Huaraca, 2012; Rodríguez, 2016; Tarín, 2015; Oliveira et al., 2012

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

El mayor porcentaje de humedad se pudo observar en el estudio de (Oliveira et al., 2012) pues obtuvo 4 % en fresa liofilizada y 91,40 % en fresa fresca, por otro lado (Huaraca, 2012) presenta resultados de 1,93 % de humedad en fresa liofilizada y 89,22 % en fresa fresca, (Rodríguez, 2016) en sus resultados registro 89,90 % de humedad en fresa fresca y 2,40 % en fresa liofilizada, finalmente (Tarín, 2015) encuentra en sus resultados 90,78 % y 2,40 % de humedad tanto en fresa fresca y liofilizada.

La diferencia de humedad encontrada en la fresa según varios autores puede influir por el espesor de la fruta al que se somete en la liofilización, así como la variedad de cada fresa. El bajo contenido de humedad influye en el almacenamiento del producto ya que permite alargar la vida útil y evitar el crecimiento de microorganismos, así como facilitar la manipulación y el transporte.

3.2.2. *Proteína*

Las proteínas están formadas por unidades de aminoácidos unidos por uniones peptídicas, el nitrógeno es el elemento característico de los aminoácidos y por lo tanto de las proteínas, el contenido de proteína se calcula a partir del nitrógeno presente en los alimentos mediante el método Kjeldhal el cual es el más utilizado, de alta confiabilidad y apropiado para varios tipos de productos (Huaraca, 2012).

Al analizar las investigaciones de varios autores se puede observar en la tabla 3-3 que el menor porcentaje de proteína en fresa liofilizada se encuentra en los resultados de (Aranaz et al., 2017) quien indica un valor del 6 %, dicho autor no reporto contenido de proteína en fresa fresca, (Huaraca, 2012) reporta un valor de 7,41 % de proteína en fresa fresca y 6,55 % en fresa liofilizada, de igual forma (Reyes, 2017) no reporta contenido de proteína en fresa fresca, pero obtiene un contenido de proteína del 7 % en fresa liofilizada.

Tabla 3-3: Porcentaje de proteína presente en la fresa liofilizada

	Proteína (%)		Autor
	Fresa fresca	Fresa liofilizada	
	-	6	(Aranaz et al., 2017)
	7,41	6,55	(Huaraca, 2012)
	-	7	(Reyes, 2017)
Promedio	7,41	6,52	

Fuente: Aranaz et al., 2017; Huaraca, 2012; Reyes, 2017

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

Con respecto a los resultados de dichas investigaciones se puede evidenciar que las proteínas se conservan en gran porcentaje al ser liofilizadas, pues según (Velasco, 2017) la liofilización permite conservar las características sensoriales y nutricionales que posee un alimento las cuales se pierden en las operaciones convencionales de secado.

3.2.3. *Vitamina C*

La vitamina C o ácido ascórbico presente en los alimentos ayuda a elevar su valor nutricional, la mayor fuente de esta vitamina son las frutas, entre ellas la fresa, por lo cual su incorporación en la dieta diaria es muy importante. Las soluciones de extracción más comúnmente utilizadas son las de los ácidos metafosfórico, oxálico y acético o una mezcla entre ellos (Rodríguez, 2016).

De acuerdo con los resultados recopilados como se indica en la tabla 4-3 (Colchado y Velásquez, 2015) establecen que al liofilizar fresa el contenido de vitamina C fue de 42,64 mg/100g en comparación con el valor inicial que fue de 57,67 mg/100g siendo este el menor valor registrado, (Kowalska et al., 2018) indica que en su estudio obtuvo 490 mg/100g de vitamina C en fresa fresca y en fresa liofilizada encontró 320 mg/100g siendo este el valor más alto registrado.

Tabla 4-3: Cantidad de vitamina C presente en la fresa liofilizada

	Vitamina C (mg/100g)		Autor
	Fresa fresca	Fresa liofilizada	
	57,67	42,64	(Colchado y Velásquez, 2015)
	78,82	72,50	(Rodríguez, 2016)
	304	230,66	(Rudy et al., 2020)
	509,56	317, 25	(Huaraca, 2012)
	490	320	(Kowalska et al., 2018)
Promedio	288,01	196,61	

Fuente: Colchado y Velásquez, 2015; Rodríguez, 2016; Rudy et al., 2020; Huaraca, 2012; Kowalska et al., 2018

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

Por otra parte (Rodríguez, 2016) en su estudio presento 78,82 mg/100g de vitamina C en fresa fresca y 72,50 mg/100g en fresa liofilizada, (Rudy et al., 2020) confirmo un valor de 304 mg/100g de vitamina C en fresa fresca y 230,66 mg/100g en fresa liofilizada, finalmente (Huaraca, 2012) obtuvo en fresa fresca 509,56 mg/100g de vitamina C y en el producto liofilizado 317,25 mg/100g.

Al respecto (Huaraca, 2012) señala que la pérdida de vitamina C se debe a que es un compuesto que se caracteriza por ser muy lábil, termosensible y fácilmente oxidable, por lo que se degrada fácilmente. Por otro lado (Rodríguez, 2016) manifiesta que la liofilización aumenta la porosidad de la muestra por lo que la vitamina C podría estar más expuesta al oxígeno, lo cual podría afectar negativamente a su estabilidad.

3.2.4. Polifenoles

Los polifenoles son moléculas naturales que poseen una gran actividad antioxidante, lo que lo hace un compuesto muy interesante ya que permite combatir enfermedades producidas por estrés oxidativo, deterioran las reacciones de propagación de los radicales libres y detienen su formación. La cantidad de polifenoles en los frutos tiene variaciones que dependen de la especie, condiciones ambientales, grado de madurez, composición del suelo y condiciones de almacenamiento. El contenido de polifenoles generalmente se determina por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu que se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes (Tarín, 2015).

Como se puede observar en la tabla 5-3 al evaluar la cantidad de polifenoles en fresa liofilizada se pudo registrar el menor contenido en la investigación de (Rudy et al., 2020) donde obtuvo 21,5 mg/100g de polifenoles en fresa fresca y 17,56 mg/100g en fresa liofilizada, el mayor contenido de polifenoles se registró en los resultados de (Kowalska et al., 2018) pues en su estudio obtuvo en fresa fresca 27700 mg/100g de polifenoles y en fresa liofilizada 23600 mg/100g de polifenoles.

Tabla 5-3: Cantidad de polifenoles presente en la fresa liofilizada

	Polifenoles (mg/100g)		Autor
	Fresa fresca	Fresa liofilizada	
	21,5	17,56	(Rudy et al., 2020)
	126,32	1500	(Tarín, 2015)
	1770,54	2478,59	(Rodríguez, 2016)
	27700	23600	(Kowalska et al., 2018)
Promedio	7404,59	6899,04	

Fuente: Rudy et al., 2020; Tarín, 2015; Rodríguez, 2016; Kowalska et al., 2018

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

Según (Tarín, 2015) confirma que en fresa fresca obtuvo 126,32 mg/100g de polifenoles mientras que en fresa liofilizada encontró 1500 mg/100g de polifenoles, este aumento se debe a la utilización de goma arábiga, ya que actúa como un encapsulante, de igual forma (Rodríguez, 2016) utilizó dicho agente portador para retener el contenido de polifenoles, encontrando así en fresa fresca de 1770,54 mg/100g y en fresa liofilizada 2478,59 mg/100g.

El aumento de polifenoles durante la liofilización según (Rodríguez, 2016) se debe a que durante la congelación se forman cristales de hielo que rompen la estructura celular de la fruta facilitando la extracción de los compuestos fenólicos, por otra parte (Kowalska et al., 2018) expresa que la temperatura elevada y la disponibilidad de oxígeno afectan la pérdida de polifenoles totales durante la liofilización.

Sin embargo, las pérdidas de polifenoles en dichas investigaciones no son significativas ya que a diferencia de otros métodos de deshidratación las pérdidas son mayores, esto de acuerdo con (Sagar et al., 2020) quien indica que el secado por liofilización conserva los compuestos fenólicos en las moras y las fresas mucho mejor que el secado al aire.

Según (Sablani et al., 2011) señala que, en comparación con el secado al aire, el secado por liofilización mejoró la retención de antocianinas y fenoles durante el procesamiento de arándanos y frambuesas.

3.2.5. Antocianinas

Las antocianinas son pigmentos que se encuentran en gran cantidad en el reino vegetal, comprende los tonos que va desde rojo hasta azul, poseen propiedades antioxidantes ayudando a prevenir enfermedades neuronales y cardiovasculares, por lo cual es de vital importancia que no se degraden y sean conservadas en la mayor cantidad posible. La extracción de las antocianinas por lo general se realiza por el método de espectrofotometría (Gutiérrez, 2019).

La cantidad de antocianinas en la fresa liofilizada se puede evidenciar en la tabla 6-3 en donde el menor contenido se encontró en los resultados de (Michalczyk et al., 2009) con una cantidad de 28 mg/100g en fresa fresca y 25 mg/100g de antocianinas en fresa liofilizada, por otra parte, el mayor contenido se evidencio en la investigación de (Huaraca, 2012) quien obtuvo 2551,02 mg/100g de antocianinas en fresa fresca y 2125,75 mg/100g en fresa liofilizada.

Según (Yurdugül, 2008) evidencio en fresa fresca 53 mg/100g de antocianinas y 50,22 mg/100g en fresa liofilizada, por otra parte (Gutiérrez, 2019) indica que en fresa liofilizada se obtuvo 125,74 mg/100g de antocianinas y en fresa fresca no registro resultados.

Tabla 6-3: Cantidad de antocianinas presente en la fresa liofilizada

Antocianinas (mg/100g)			Autor
Fresa fresca	Fresa liofilizada		
28	25	(Michalczyk et al., 2009)	
53	50,22	(Yurdugül, 2008)	
-	125,74	(Gutiérrez, 2019)	
2551,02	2125,75	(Huaraca, 2012)	
Promedio	877,34	581,68	

Fuente: Michalczyk et al., 2009; Yurdugül, 2008; Gutiérrez, 2019; Huaraca, 2012

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

Las antocianinas disminuyen en pequeñas cantidades al ser liofilizadas, de acuerdo con (Huaraca, 2012) estas se degradan en pequeños porcentajes por efecto de: PH, oxígeno y temperatura, pues esta última a medida que aumenta, la estabilidad de las antocianinas disminuye. Además, (Michalczyk et al., 2009) indica que la degradación de las antocianinas depende de la actividad del polifenol oxidasa, el contenido de ácidos orgánicos, la concentración de azúcares, el pH y el contenido de antocianinas más reactivas. En cuanto a la variación de antocianinas en la fruta fresca de acuerdo con las investigaciones se da por el estado de madurez, variedad de la fruta y método de obtención de los nutrientes.

3.2.6. Capacidad de rehidratación

La capacidad de rehidratación indica la aptitud de los materiales liofilizados para absorber agua en un tiempo definido, se determina sumergiendo la muestra liofilizada en agua mineral en un vaso de precipitado, el agua se mantiene a temperatura ambiente.

En la tabla 7-3 se puede evidenciar la capacidad de rehidratación de la fresa liofilizada de acuerdo con los resultados de diferentes investigaciones en donde (Shih et al., 2008) indica que el menor tiempo de rehidratación fue de 3 minutos, mientras que el mayor tiempo de rehidratación fue de 15 minutos de acuerdo con (Salazar y Zúñiga, 2019).

En cuanto a los resultados de (Colchado y Velásquez, 2015) la fresa liofilizada obtuvo un tiempo de rehidratación de 4 minutos, por otra parte, se encontraron resultados similares en las investigaciones de (Kusch, 2018) y (Benu et al., 2014) quienes registran un tiempo de rehidratación de 10 minutos de fresa liofilizada. La capacidad de rehidratación según (Colchado y Velásquez, 2015) está estrechamente relacionada con el tamaño y la ubicación de los cristales de hielo formados durante la etapa de congelación, además de otros factores como la velocidad de congelación, presión y temperatura de liofilización, (Prosapio y Norton, 2017) indica que el grado de rehidratación depende principalmente del grado celular y estructural de los alimentos.

Tabla 7-3: Capacidad de rehidratación de la fresa liofilizada

Producto	Rehidratación (min)	Autor
Fresa liofilizada	3	(Shih et al., 2008)
	4	(Colchado y Velásquez, 2015)
	10	(Kusch, 2018)
	10	(Benu et al., 2014)
	15	(Salazar y Zúñiga, 2019)
Promedio	8,4	

Fuente: Shih et al., 2008; Colchado y Velásquez, 2015; Kusch, 2018; Benu et al., 2014; Salazar y Zúñiga, 2019

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

3.2.7. Características organolépticas

A través de la liofilización se ha podido obtener fresas de gran calidad que conservan sus atributos sensoriales como el sabor, olor, aroma y un color característico del producto fresco. El color rojo de las fresas se da por los pigmentos antocianicos como son la pelargonidina-3- glucòsico y cianidina-3-glucosido, las cuales durante este proceso llegan a concentrarse dando colores más intensos y brillantes (Colchado y Velásquez, 2015).

Tabla 8-3: Características organolépticas de fresa liofilizada

Producto	Características organolépticas			Autor
	Color	Olor	Sabor	
Fresa fresca	Rojo	Frutal	Ácido	(Huaraca, 2012)
Fresa liofilizada	Característico	-	-	(Kusch, 2018)
	Rojo intenso	Frutal intenso	Ligeramente ácido	(Huaraca, 2012)
	Rojo intenso	-	-	(Colchado y Velásquez, 2015)
	Rojo brillante	Característico	Característico	(Reyes, 2017)
	Característico	Característico	Ligeramente ácido	(Yurdugül, 2008)

Fuente: Huaraca, 2012; Kusch, 2018; Colchado y Velásquez, 2015; Reyes, 2017; Yurdugül, 2008

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

Como se puede observar en la tabla 8-3 según los resultados de (Huaraca, 2012) las características sensoriales como el color, olor y sabor de fresa fresca fueron: rojo, frutal y ácido, respectivamente. En fresa liofilizada según (Kusch, 2018) encontró un color característico, el olor y sabor no se registraron, (Huaraca, 2012) obtuvo un color rojo intenso, olor frutal intenso y un sabor ligeramente ácido. En la investigación de (Colchado y Velásquez, 2015) se halló un color rojo intenso y no se registraron olor y sabor, (Reyes, 2017) indica un color rojo brillante, olor y sabor característicos, finalmente (Yurdugül, 2008) expresa en sus resultados un color y olor característico y sabor ligeramente ácido.

Entre las características sensoriales de la fresa fresca y la fresa liofilizada no existió gran variación incluso en algunas investigaciones dichas propiedades llegan a concentrarse, como es el caso del color que llega a ser más intenso y brillante y en el caso del olor este se intensifica. Esto concuerda con lo que manifiesta (Shishegarha et al., 2013) que durante la liofilización el color y el aroma de las fresas permanecieron sin cambios ya que al contrario las bajas temperaturas de procesamiento mejoraron la calidad sensorial de los frutos secos. (Huaraca, 2012) indica que la fresa liofilizada llega a concentrar sus propiedades sensoriales, esto se debe a que durante dicho proceso se evita el arrastre de ácidos aromáticos, (Sagar et al., 2020) también informó que un aumento de la temperatura del estante de calentamiento a 70 ° C no tuvo un efecto significativo sobre el color y el volumen de la fresa liofilizada.

3.3. Evaluación de los principales usos de la fresa liofilizada en la industria alimentaria

Hoy en día existe una gran variedad de frutas liofilizadas generalmente en forma de cubos, granulado y en polvo que se utilizan como aditivos naturales en la elaboración de bebidas instantáneas, en repostería, sopas instantáneas, yogures, entre otros, o como producto de consumo directo como: snacks, cereales o alimentos funcionales.

Tabla 9-3: Aplicación de fresa liofilizada en la industria alimentaria

Producto	Clave estudiada	Concentración de fresa liofilizada	Calidad del producto	Autor
Yogur (200 g)	Saborizante y colorante natural	0,5 %, 1,15 %, 2,5%, 4,35 % y 5%	Color, olor, sabor y acidez característicos.	(Muñoz, 2012)
Helado (700 g)	Estabilizante	2,5 %, 3 %, 3,5 % y 4 %	Mejor viscosidad y estabilidad	(Sainz et al., 2019)
Pure	Calidad del producto	60 %	Dulzor, acidez, sabor, color y aroma.	(Galmarini et al., 2009)
Chocofruta	Grado de aceptación	90 %	Apariencia, dulzor, sabor y textura.	(Salazar y Zúñiga, 2019)
Snacks	Snacks de alto valor nutricional	75 %	Vitamina C, polifenoles totales, color y sabor.	(Kowalska et al., 2018)

Fuente: Muñoz, 2012; Sainz et al., 2019; Galmarini et al., 2009; Salazar y Zúñiga, 2019; Kowalska et al., 2018

Realizado por: Gualpa, Andrea, 2021

De acuerdo con (Muñoz, 2012) en su estudio sobre la aplicación de pulpa de fresa liofilizada en yogur como colorante y saborizante natural, el producto obtuvo buenas características sensoriales y una gran aceptación comercial. Como se puede observar en la tabla 9-3 se utilizaron

concentraciones de 0,5 %, 1,15 %, 2,5%, 4,35 % y 5% de fresa liofilizada, el producto final demostró un 66 % de preferencia por los jueces frente a una muestra comercial, dicho producto tuvo una concentración óptima del 5 % de producto liofilizado, el tiempo de rehidratación de la pulpa de fresa liofilizada en el yogur fue de 224,1 segundos.

En la elaboración de helado la adición de polvo de fresa liofilizada como estabilizante en concentraciones de 2,5 %, 3 %, 3,5 % y 4 % provocó una reducción en la cristalización del hielo, lo que resultó en helados más suaves y estables, además aumentó el índice de consistencia de las mezclas en el helado y mejoró el comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento. La viscosidad también aumentó de valor, esto podría deberse a que el polvo de fresa forma una red más densa que reduce la cristalización del hielo. La concentración con el 2,5 % de fresa liofilizada presentó mejores resultados (Sainz et al., 2019, p. 7).

Según (Galmarini et al., 2009) al realizar pure de fresa liofilizada incorporando 40 % de trehalosa para mejorar la calidad del producto, presentó un buen equilibrio entre dulzor y acidez, una mejor percepción del sabor a fresa fresca, mayor intensidad en el color y aroma, esto debido a que la presencia de trehalosa durante la liofilización facilita la retención de volátiles relacionados con el aroma del puré de fresa fresca. En cuanto a la aceptabilidad por parte del panel este fue de 78 % por lo cual el uso de trehalosa presenta varias ventajas para aumentar la calidad de los purés de frutas liofilizados.

De acuerdo con (Salazar y Zúñiga, 2019) al elaborar fresa liofilizada recubierta de chocolate, indica que la cubierta de chocolate ocupó el 10 % del producto y el 90 % de fresa liofilizada, al medir el grado de aceptabilidad este presentó el 50 % de aceptación por parte del panel de degustadores, de igual forma al medir la textura se obtuvo 71,7 %, apariencia 70 %, dulzor 91,7 % y en sabor 86,7 %.

En el estudio realizado por (Kowalska et al., 2018) para obtener snacks de fresa con alto valor nutricional, llevo a cabo la liofilización con adición de sacarosa con concentrado de jugo de chokeberry en una proporción del 25 % y 75 % de fresa liofilizada, la finalidad de incorporar dicha solución fue para retener en gran cantidad las propiedades bioactivas, como vitamina C y polifenoles totales, el producto contenía 440 mg/100g de vitamina C existiendo una pérdida mínima pues la fruta fresca contenía 490 mg/100g. En cuanto a los polifenoles totales obtuvo 23600 mg/100g en comparación con la fruta fresca que portaba 27700 mg/100g, el color y el sabor del producto fueron altamente aceptadas por los miembros del panel sensorial, confirmando así la validez de utilizar concentrado de sacarosa y jugo de chokeberry para enriquecer frutos secos durante la liofilización.

CONCLUSIONES

La liofilización es un proceso que permite conservar las características físico-químicas y organolépticas de las frutas, se utiliza ampliamente en el secado de frutas como: uvilla, pitahaya amarilla, mora, naranja y fresa, es un método que aplica temperaturas de congelación que pueden variar de -35 a -84 °C, temperaturas de secado las cuales se puede encontrar entre 35 y 50 °C, presión de vacío que puede variar de 1,60 a 30 Pa y un tiempo prolongado que puede encontrarse entre 9 y 75,5 horas, presentando así efectos positivos en las características de cada una de las frutas liofilizadas.

Al evaluar las características físico-químicas de la fresa liofilizada se puede concluir que la humedad puede encontrarse entre 1,65 a 4 %, el contenido de proteína puede variar de 6 a 7 %, la vitamina C varía de 42,64 a 320 mg/100g, en los polifenoles se encuentra una variación de 17,56 a 23600 mg/100g, en cuanto al contenido de antocianinas estas pueden encontrar de 25 a 2125,75 mg/100g y la capacidad de rehidratación puede variar entre 3 y 15 minutos, con respecto a las características organolépticas como el color, olor y sabor no existieron diferencias significativas llegando incluso a presentar colores y olores más intensos.

La fresa liofilizada presenta una gran acogida como ingrediente en la elaboración de varios productos como: yogur, helado, pure, chocofruta y snacks, incorporándose en distintas concentraciones (5 %, 2,5 %, 60 %, 90 % y 75 %) respectivamente, ya sea como colorante, saborizante y estabilizante natural, así como también para el consumo directo como es el caso de los snacks de alto valor nutritivo, ofreciendo una alternativa al consumo de productos libres de aditivos y ricos en compuestos bioactivos.

RECOMENDACIONES

Investigar sobre las tendencias recientes para el pretratamiento de fresa antes de ser sometida al proceso de liofilización, ya que estos factores pueden ser de suma importancia para reducir el tiempo de liofilización, así como los costos y la energía consumida durante este proceso.

Se recomienda investigar sobre la capacidad antioxidante de las frutas liofilizadas para su utilización en diversos campos alimenticios, así como para la obtención de productos nutracéuticos y funcionales que puedan aportar a la salud de los consumidores.

Estudiar sobre la rentabilidad que tendría la aplicación del método de liofilización en el país ya sea a pequeña o gran escala, así como la capacidad de exportación de productos liofilizados con o sin valor agregado, ya que esta es una tecnología que no se encuentra muy explotada dentro del país.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, J. Métodos de conservación de alimentos. [En línea], 2012. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.]

http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf.

ALAO, Monica & TAMAYO, Andrea. Determinación de la relación existente entre la concentración de vitamina C y compuestos fenólicos totales con la capacidad antioxidante de fruto nativos del Austro. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. 2018. p. 26. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15531/1/UPS-CT007631.pdf>.

ALVARADO, M. Estudio del proceso de secado de fresa usando horno microondas. [En línea], 2017. [Citado el: 14 de 12 de 2020.] <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n1/1692-8261-prosp-15-01-00029.pdf>.

ALVARADO, Pamela. Estudio investigativo de la frutilla y su aplicación en la gastronomía. [En línea] (Trabajo de titulación). (Administrador gastronómico) Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Turismo, Hotelería y Gastronomía. Quito, Ecuador. 2013. p. 34. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11759/1/50905_1.pdf.

ARANAZ, P. et al. Freeze-dried strawberry and blueberry attenuates diet-induced obesity and insulin resistance in rats by inhibiting adipogenesis and lipogenesis. [En línea], 2017. <https://doi.org/10.1039/C7FO00996H>.

ARELLANO, Jennifer. Producción y comercialización de frutilla (*Fragaria* sp) en el cantón Otavalo provincia de Imbabura. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador. 2020. p. 23. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10527/2/03%20AGN%20070%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.

AYALA, A. et al. Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). [En línea], 2010. [Citado el: 14 de Diciembre de 2020.] <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169815396002.pdf>.

BALLADARES, Adriana. Recuperación de las frutas ancestrales para su uso en la gastronomía en el cantón Ambato provincia de Tungurahua. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Regional Autónoma de los Andes, Facultad de Dirección de Empresas. Ambato, Ecuador. 2017. p. 41. [Citado el: 12 de Diciembre de 2020.] <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7347/1/PIUAESC028-2017.pdf>.

- BAUTISTA, M. et al.** Obtención de aguaymanto (*Physalis peruviana*) liofilizado. [En línea], 2014. [Citado el: 14 de Diciembre de 2020.] [file:///C:/Users/James_pc/Downloads/11313-Texto%20del%20art%C3%ADculo-39581-1-10-20151005%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/James_pc/Downloads/11313-Texto%20del%20art%C3%ADculo-39581-1-10-20151005%20(1).pdf).
- BENU, A. et al.** Effect of Ultrasonically Induced Nucleation on the Drying Kinetics and Physical Properties of Freeze-Dried Strawberry. [En línea], 2014. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.952741>.
- BIDFOOD.** Fresón en polvo liofilizado. [En línea], 2017. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] https://www.bidfoodiberia.com/productos/gastronomia/conserva/liofilizados-o-deshidratados/fruta-liofilizada-polvo-escamas.html?marca_filtrado=232.
- BORDÓN, E.** Fundamentos de la Conservación de los Alimentos. [En línea], 2017. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2017/10/10-CONSERVACION-DE-LOS-ALIMENTOS-1.pdf>.
- BUCHI.** Lyovapor™ L-200. [En línea], 2020. <https://www.buchi.com/es-es/products/freeze-drying/lyovapor-l-200>.
- CAMINITI, A.** Cultivo de frutillas. [En línea], 2015. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2815/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Caminiti_A_Cultivo_Frutillas.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- CASTAÑO, Jhersson & LONDOÑO, Francisco.** Diseño y simulación de un sistema de deshidratación de fresa con energías alternativas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. 2017. p. 30. [Citado el: 6 de Octubre de 2020.] <file:///C:/Users/Alex/Desktop/TESINA/fresa/Casta%20JherssonFranciscoLondo%202017.pdf>.
- CHACHA, Grace.** Estudio del proceso de rehidratación a partir de frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Bioquímico Farmacéutico) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 2011. p. 8. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/1618/1/56T00289.pdf>.
- CHIMBORAZO, Luis.** Análisis de la producción de fresas y su relación con el nivel de ingresos de los productores de la parroquia de Ambatillo del cantón Ambato. [En línea] (Proyecto de investigación). (Economista) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría. Ambato, Ecuador. 2014. p. 15. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/20867/1/T2794i.pdf>.
- CHIPANA, M & RAVAGNAN, A.** Evaluación de la capacidad antioxidante de harina de frutilla (*Fragaria ananassa*) proveniente de las variedades Festival y Benicia. [En línea], 2018. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <http://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/article/view/517/416>.

CHIQUI, Flor & LEMA, Marcia. Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Cuenca, Ecuador. 2010. p. 4. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4745/1/UPS-CT001855.pdf>.

CHOQUE, Luis & CORONEL, Erika. Propuesta de producción de snacks saludables de frutos liofilizados life snack para estudiantes de la escuela de ingeniería industrial de la universidad Ricardo Palma. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 2018. pp. 20-21. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1968/IND_T030_48490800_T%20%20Choque%20G%C3%B3mez%20Luis%20Angel%20Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CHORDI, Silvia. Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad. [En línea] (Trabajo de titulación). (Nutrición humana y Dietética) Universidad de Lleida, Facultad de Medicina. Lleida, España. 2013. pp. 7-28. [Citado el: 15 de 12 de 2020.] <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/47159/schordib.pdf?sequence=1>.

CLAYTON, K. et al. Métodos para la conservación de alimentos. [En línea], 2015. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/fs/fs-15-s-w.pdf>.

COLCHADO, Mirella & VELÁSQUEZ, Arelis. Efecto del método de liofilización, densidad de carga y temperatura en la fresa (*Fragaria vesca* L) deshidratada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Nuevo Chimbote, Perú. 2015. pp. 70-76. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1984/30730.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CONDORI, María. Alteración de los alimentos. *Deterioro y conservación de alimentos*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos. Arequipa, Perú. 2014. p. 15. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4176/IAcosacm022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DOMÍNGUEZ, Pedro. Evaluación agronómica de selecciones avanzadas del Programa Nacional de Mejora Genética de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en diferentes sistemas de cultivo y valoración de parámetros de calidad del fruto. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis doctoral) Universidad de Córdoba, Córdoba. 2012. p. 100. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/8275/2012000000639.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- FEN.** Frutas y hortalizas. *Nutrición y salud en la España del S. XXI*. [En línea], 2018. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <https://www.adenyd.es/wp-content/uploads/2018/05/INFORME-FRUTAS-Y-HORTALIZAS-FEN-2018.pdf>.
- FIGEROA, C. et al.** Frutilla Chilena Nativa. [En línea], 2018. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] http://www.procisur.org.uy/adjuntos/13d4953eae2f_Chilena_PROCISUR.pdf.
- FRANCESCHINIS, L. et al.** *Drying Technology: An International Journal. Physical and Functional Properties of Blackberry Freeze- and Spray-Dried Powders*. [En línea], 2014. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.814664>.
- FULLANA, Gabriela & GONZÁLEZ, María.** Estudio acerca de la riqueza antioxidante de distintas frutas finas en la Patagonia Argentina. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas. Argentina. 2016. p. 15. [Citado el: 15 de Noviembre de 2020.] <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/5879/PFI%20Fullana-Gonzalez%20Gebhard%2012-10-16.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- GALÁRRAGA, Irina.** Evaluación de niveles de fertilización en el cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en Puembo – Pichincha. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. 2015. p. 13. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5639/1/122859.pdf>.
- GALMARINI, M. et al.** The effect of trehalose, sucrose and maltodextrin addition on physicochemical and sensory aspects of freeze - dried strawberry puree. [En línea], 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01890.x>.
- GARCIA, Tatiana & LOOR, Carlos.** Desarrollo de una Propuesta para la Aplicación de Métodos de Conservación de Alimentos en casos de Desastres Naturales en la Zona Costera del Ecuador. [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de Guayaquil, Facultad Ingeniería Química. Guayaquil, Ecuador. 2017. p. 18. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20758/1/TESIS%20Gs.%20203%20-%20Aplic%20Meto%20Conser%20Alim%20en%20casos%20de%20Desastres%20Naturales.pdf>.
- GIMENO, David.** Caracterización del funcionamiento de un deshidratador doméstico. Aplicación para el secado de fresas y comparación con otros métodos. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Zaragoza. España. 2014. p. 12. [Citado el: 2 de Enero de 2021.] <https://core.ac.uk/download/pdf/289977498.pdf>.
- GONZÁLEZ, María.** Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela. [En línea] (Trabajo de titulación). (Bioquímico Farmacéutico) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 2010. p. 67. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/737/1/56T00255.pdf>.

GUTIÉRREZ, Jessica. Extracción de antocianinas de fresa deshidratada y liofilizada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química. Toluca, México. 2019. p. 14. [Citado el: 10 de Noviembre de 2020.] <http://hdl.handle.net/20.500.11799/108988>.

HUARACA, Adriana. Evaluación nutritiva y nutracéutica de la frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Bioquímico Farmacéutico) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 2012. p. 45. [Citado el: 1 de Octubre de 2020.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1994/1/56T00302.pdf>.

IBAÑEZ, Z. Conservación de frutas y hortalizas. [En línea], 2015. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manualconservacionfyh.pdf>.

KEMOLO. FD-2000 Liofilizador. [En línea], 2018. <http://www.kemolo.com/?fproduct/13/i759>.

KOWALSKA, J. et al. Dried strawberries as a high nutritional value fruit snack. [En línea], 2018. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10068-018-0304-6.pdf>.

KUSCH, Cynthia. Liofilización de frutillas enteras (*Fragaria ananassa* Duch): efecto de microperforaciones realizadas con tecnología láser de CO₂ en el tiempo de secado primario. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile. 2018. p. 19. [Citado el: 10 de Noviembre de 2020.] <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/46132/3560900259681UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LLUMIQUINGA, Pedro. Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad albión. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 2017. p. 3. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9674/1/T-UCE-0004-17.pdf>.

LÓPEZ, D. et al. Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en. [En línea], 2018. [Citado el: 14 de Diciembre de 2020.] <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n1/0122-8706-ccta-19-01-00147.pdf>.

LÓPEZ, Javier. Estudio comparativo de la actividad antioxidante en fresas de cultivos de origen tradicional versus ecológico. [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado en Biología) Universidad de Coruña, Facultad de Ciencias. España. 2017. p.10. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19610/L%C3%B3pezdoCampo_Javier_TFG_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

MARÍN, L. Diseño y simulación de un liofilizador de platos conductores a escala piloto para deshidratar alimentos. [En línea], 2013. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] file:///C:/Users/James_pc/Downloads/LeynardNatividad_TESIS_2013.pdf.

MAROTO, J. *Horticultura herbácea especial*. Barcelona: MundiPrensa Libros, S.A. MP, 2002. 3.

MEDINA, Juan. Evaluación de cuatro abonos orgánicos en la producción de la fresa (*Fragaria chiloensis*). [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 2015. p. 6. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13965/1/TESIS%20JUAN%20MEDINA%20difinitiva.pdf>.

MICHALCZYK, M. et al. The effect of air-drying, freeze-drying and storage on the quality and antioxidant activity of some selected berries. [En línea], 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00232.x>.

MOSQUERA, E. Evaluación de propiedades físico-químicas en secado de naranja (*Citrus sinensis*) mediante liofilización: influencia del espesor. [En línea], 2016. 10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58087.

MUÑOZ, Elizabeth. Obtención de pulpa de frambuesa liofilizada y aplicación en yogur como colorante y saborizante natural. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas Y Farmacéuticas. Santiago, Chile. 2012. pp. 31-51. [Citado el: 04 de Enero de 2021.] <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130233/Obtencion-de-pulpa-de-frambuesa-liofilizada-y-aplicacion-en-yogur-como-colorante.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OCAÑA, Eder. Obtención de uva liofilizada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas. Quito, Ecuador. 2013. pp. 5-25. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1401/1/T-UCE-0008-%2006.pdf>.

OLIVEIRA, F. et al. Effect of ultrasonic and osmotic dehydration pre-treatments on the colour of freeze dried strawberries. [En línea], 2012. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0724-x>.

PÁRAMO, María & VELANDIA, Camila. Posibilidad de exportación de frutas liofilizadas al mercado europeo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia. 2016. p. 30. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/12718/ParamoRocha-MariaPaula-2016.pdf?sequence=5>.

PARRA, Hugo & PEÑA, Sebastian. Diseño y construcción de un liofilizador para el secado de plantas aromáticas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Santo

Tomás. Bogotá, Colombia. 2015. p. 21. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2796/Pe%20C3%B1asabastian2015.pdf>.

PARZANESE, M. Tecnologías para la Industria Alimentaria. *Liofilización de alimentos*. [En línea], 2015. [Citado el: 29 de Septiembre de 2020.] http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf?fbclid=IwAR2pZI8H7i2Onk1g5Qm5omONeflXutAYhtpGdE6V1DLP3140vLrhmol51I4.

PINO, P. Evaluación del proceso de liofilización en banana (*Musa x paradisíaca*). [En línea], 2013. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <https://core.ac.uk/download/pdf/33999312.pdf>.

PIQUERAS, M. Actualización en higiene alimentaria, manipulación, toxiinfecciones alimentarias y etiquetado de alimentos. [En línea], 2016. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] file:///C:/Users/James_pc/Downloads/DialnetActualizacionEnHigieneAlimentariaManipulacionToxii-660538.pdf.

PONCE, Juan. Diseño de una planta para la elaboración de productos con desechos del procesamiento de brócoli mediante un proceso de liofilización. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de las Américas, Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias. Quito, Ecuador. 2014. p. 15. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2513/8/UDLA-EC-TIAG-2014-20.pdf>.

PROSAPIO, V & NORTON, I. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. [En línea], 2017. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.012>.

RAMOS, G. Optimización del proceso de liofilización de sistemas nanoestructurados de flurbiprofeno para uso oftálmico y su influencia en el comportamiento biofarmacéutico. [En línea], 2017. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <https://www.tesisenred.net/handle/10803/401500#page=63>.

RATTI, C. Handbook of food powders. *Freeze drying for food powder production*. [En línea], 2013. [Citado el: 5 de Febrero de 2021.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857095138500030>.

REYES, Viviana. Cadena de Valor Sostenible de la Fresa Liofilizada y su Internacionalización. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Negocios Internacionales. Bogotá, Colombia. 2017. p. 156. [Citado el: 04 de Enero de 2021.] <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4904/51881.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RODRÍGUEZ, J. Consecuencias higiénicas de la alteración de los alimentos. [En línea], 2012. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] http://www.aemt.com/contenidos_socios/Recursos/Documentos_interes/Consecuencia_Higienica_Alteracion_Alimentos_2012.pdf.

- RODRÍGUEZ, Rosalía.** Estudio de la obtención de extractos de fresón (*Fragaria x ananassa*) de alta capacidad antioxidante a partir de fruta liofilizada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2016. pp. 11-16. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72338/TFG%20ROSALIA%20C._14767137678662757651417812416078.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- ROUSSOS, P. et al.** Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*. [En línea], 2009. [Citado el: 04 de Enero de 2020.] <https://www.aua.gr/roussos/Roussos/Papers%20PDF/Strawberry%20fruit%20quality%20attributes%20after%20application%20of%20plant%20growth1.pdf>.
- RUDY, S. et al.** Wild Strawberry *Fragaria vesca* L.: Kinetics of Fruit Drying and Quality Characteristics of the Dried Fruits. [En línea], 2020.
- RUIZ, L. et al.** Influencia de las condiciones de secado en el color de fresas variedad Chandler. [En línea], 2015. [Citado el: 12 de Septiembre de 2020.] http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/documentos/enid/2015/memorias2015/ingenieria_tecnologias/influencia_de_las_condiciones_de_secado_en_e.pdf.
- SABLANI, S. et al.** Effects of air and freeze drying on phytochemical content of conventional and organic berries. [En línea], 2011. [Citado el: 28 de Febrero de 2020.] <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.483047>.
- SAGAR, B. et al.** Freeze-Drying of Plant-Based Food. [En línea], 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>.
- SAINZ, C. et al.** Functionality of strawberry powder on frozen dairy desserts. [En línea], 2019. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12464>.
- SALAZAR, Marcela & ZÚÑIGA, Sirley.** Implementación del proceso de liofilización que garantice el correcto funcionamiento del equipo liofilizador tipo conductor, que cumpla con los estándares del sistema de gestión de calidad. [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Técnica Nacional Sede Atenas. Atenas Costa Rica. 2019. pp. 27-78. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] <http://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/123456789/280/IMPLEMENTACI%C3%93N%20DEL%20PROCESO%20DE%20LIOFILIZACI%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- SALVATIERRA, I.** Manual Conservación de alimentos. [En línea], 2019. [Citado el: 16 de Diciembre de 2020.] http://www.inacap.cl/web/material-apoyocedem/profesor/Gastronomia/Manuales/Manual_Conseervacion_de_Alimentos.pdf.

- SERRANO, L.** Desarrollo de una formulación liofilizada para la preparación del radiofármaco. [En línea], 2015. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/102/47102551.pdf.
- SHIH, C. et al.** Sequential infrared radiation and freeze-drying method for producing crispy strawberries. [En línea], 2008. doi: 10.13031/2013.24205) @2008.
- SHISHEGARHA, F. et al.** Freeze-drying characteristics of strawberries. [En línea], 2013. [Citado el: 28 de Febrero de 2020.] <https://doi.org/10.1081/DRT-120001370>.
- TALAVERA, Wilson.** Efecto de la liofilización en la propiedades fisicoquímicas y vida útil de la carambola (*Averrhoa carambola* L) en polvo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Ayacucho, Perú. 2018. p. 13. [Citado el: 17 de Diciembre de 2020.] http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3385/TESIS%20AI169_Tal.pdf?sequence=4.
- TARÍN, Miriam.** Evaluación de la calidad funcional de extractor de mora y fresa liofilizada. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2015. pp. 14-21. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55561/TAR%C3%8DN%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20funcional%20de%20extractos%20de%20mora%20y%20fresa%20liofilizada..pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- TONELLI, B.** Cultivo de Frutilla. [En línea], 2010. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/horticultura/Frutilla.pdf>.
- UNDURRAGA, P & VARGAS, S.** Manual de frutilla. [En línea], 2013. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39084.pdf>.
- VELASCO VILEMA, Deicy Stefania.** Implementación de un sistema de control (temperatura y presión), para el proceso de liofilización en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2017. p. 5. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/8986/1/108T0226.pdf>.
- YURDUGÜL, S.** An evaluation of the retention of quality characteristics in fresh and freeze-dried alpine strawberries. [En línea], 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01533.x>.

ANEXOS

ANEXO A: PROCESO DE LA LIOFILIZACIÓN DE FRESA



Selección de la materia prima



Lavado y cortado en rodajas



Congelación de la fresa



Fresa liofilizada

Fuente: Huaraca, 2012

ANEXO B: LIOFILIZADOR MICROMODULYO 115



Fuente: Huaraca, 2012

ANEXO C: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN



Fuente: Colchado y Velásquez, 2015

ANEXO D: FRESA LIOFILIZADA ENTERA Y EN POLVO



Fuente: Kusch, 2018



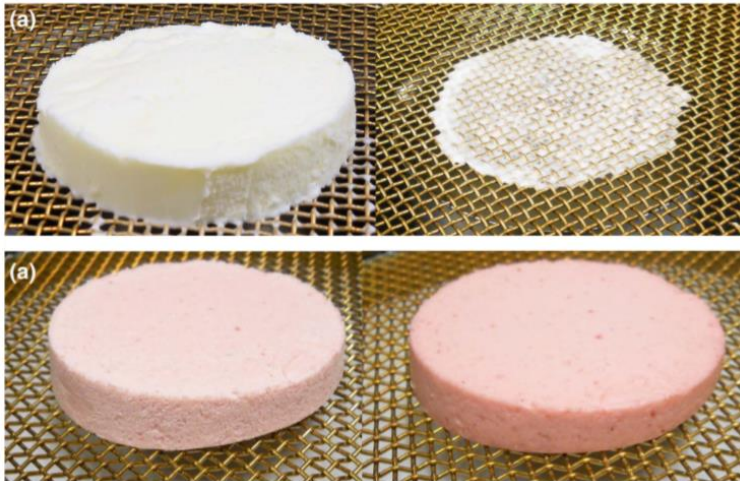
Fuente: Bidfood, 2017

ANEXO E: YOGUR CON ADICIÓN DE FRESA LIOFILIZADA EN POLVO



Fuente: Muñoz, 2012

ANEXO F: HELADO ELABORADO CON Y SIN ADICIÓN DE POLVO DE FRESA LIOFILIZADA



Fuente: Sainz et al., 2019, p. 7

ANEXO G: CHOCOFRUTA ELABORADO CON FRESA LIOFILIZADA



Fuente: Salazar y Súniga, 2019, p. 78