

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**“SECADO POR LIOFILIZACIÓN DEL AGUAYMANTO
(Physalis peruviana L.) Y EL EFECTO DE SUS PARÁMETROS
EN LA VITAMINA C”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR

ANTEZANA VICHARRA EDUARDO MARTÍN
FLORES MOLINA JOSUÉ DANIEL

ASESORA

ING° LIDA CARMEN SANEZ FALCÓN

CALLAO – 2018

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por los Bachilleres **ANTEZANA VICHARRA EDUARDO MARTÍN** y **FLORES MOLINA JOSUÉ DANIEL** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° JULIO CÉSAR CALDERÓN CRUZ	PRESIDENTE
ING° MARÍA ESTELA TOLEDO PALOMINO	SECRETARIO
Lic. VICTORIA YSABEL ROJAS ROJAS	VOCAL
ING° LIDA CARMEN SANEZ FALCON	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 1 de Tesis con Ciclo de Tesis Folio N° 45 y Acta N° 44 de fecha **VEINTISIETE DE NOVIEMBRE DE 2018**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 309–2017–CU de fecha 24 de octubre de 2017 y en su Cuarta Disposición Transitoria, norman los requisitos de los expedientes para la obtención del Grado Académico de Bachiller

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Mary y Ramiro que me apoyaron incondicionalmente.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, que me enseñó siempre a perseverar para lograr mis metas y objetivos, a pesar de las dificultades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por aguantarme todo este tiempo en la casa y a mis profesores de la FIQ-UNAC.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme paciencia para realizar esta tesis, a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños y a mis hermanos por sus consejos diarios, gracias a ellos por cada día creer y confiar en mí. A mis profesores que contribuyeron con sus conocimientos y consejos en mi formación y demás trabajadores de mí siempre querida Universidad Nacional del Callao.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Descripción de la realidad	10
1.2. Formulación del problema	11
1.2.1. Problema general	11
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. Objetivos	
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Justificación	
1.4.1. Justificación teórica	11
1.4.2. Justificación tecnológica	12
1.5. Limitantes de la investigación	
1.5.1. Delimitación espacial	12
1.5.2. Delimitación temporal	13
1.5.3. Delimitación teórica	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes de la investigación	14
2.2. Bases teórico - científicas	20
2.2.1. Aguaymanto	20
2.2.2. Vitamina C	25
2.2.3. Ácido ascórbico	29
2.2.4. Secado	32
2.3.5. Vitamina C	40
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	41
3.1. Hipótesis	41
3.2. Definición conceptual de las variables	41
3.3. Operacionalización de las variables	41
3.3.1. Definición operacional de la variables	42
IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.1. Tipo de investigación	44
4.2. Población muestra	44
4.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	
documental	46
4.3.1. Procedimiento de recolección de datos	46
4.3.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	46
4.3.3. Materiales, reactivos y equipos	47
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de campo	49
4.5. Análisis y procesamiento de datos	50
4.5.1. Plan de trabajo de campo	50

4.5.2.	Liofilización del aguaymanto	52
4.5.3.	Determinación de vitamina C	54
4.5.4.	Análisis fisicoquímico del aguaymanto (Physalis peruviana L.)... fresco y liofilizado	56
V.	RESULTADOS	61
5.1.	Resultados descriptivos	61
5.1.1.	Caracterización inicial del aguaymanto fresco	61
5.1.2.	Resultados del proceso de liofilización del aguaymanto	62
5.1.3.	Resultados de la cuantificación de la vitamina C en el..... aguaymanto liofilizado.	64
5.2.	Resultados inferenciales	65
5.2.1.	Resultados y discusión de la determinación de las	
	propiedades fisicoquímicas en el aguaymanto fresco y	
	liofilizado	65
5.2.2.	Ácido ascórbico en aguaymanto fresco y liofilizado (mg de	
	ácido ascórbico/100 g de muestra)	71
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
6.1.	Constrastación de la hipótesis	74
6.1.1.	Hipótesis general	74
6.1.2.	Hipótesis específicas	74
6.2.	Constrastación de los resultados con estudios similares.....	75
VII.	CONCLUSIONES	76
VIII.	RECOMENDACIONES	77
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	78
	ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1	Relación entre colores, características fisicoquímicas y grados de madurez en el aguaymanto, según la NTC 4580	22
Tabla N° 2.2	Clasificación taxonómica del aguaymanto (<i>physalis peruviana</i> L.)	23
Tabla N° 2.3	Características de la fruta estudiada	24
Tabla N° 2.4	Productos agroindustriales a base de aguaymanto	24
Tabla N° 2.5	Información nutricional del aguaymanto (100 g)	25
Tabla N° 2.6	Composición proximal del aguaymanto (g/100 g de fruta)	26
Tabla N° 2.7	Contenido de minerales en el aguaymanto (mg/100 g)	26
Tabla N° 2.8	Análisis de ácido ascórbico del aguaymanto cuantificados en distintos estado de madurez	30
Tabla N° 3.1	Operacionalización de variables	42
Tabla N° 4.1	Matriz de diseño experimental	47
Tabla N° 4.2	Matriz de experimentos	47
Tabla N° 5.1	Caracterización inicial del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.)	61
Tabla N° 5.2	Análisis fisicoquímico del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) fresco	62
Tabla N° 5.3	Temperatura y tiempo en la liofilización del aguaymanto (<i>physalis peruviana</i> L.)	63
Tabla N° 5.4	Caracterización inicial del aguaymanto (<i>physalis peruviana</i> L.) liofilizado	65
Tabla N° 5.5	Propiedades fisicoquímicos en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) fresco y liofiliza	66
Tabla N° 5.6	Concentración de vitamina C en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) Liofilizado	66
Tabla N° 5.7	Análisis de pH y sólidos solubles en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) fresco y liofilizado	68
Tabla N° 5.8	Análisis de acidez, humedad y proteínas en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) fresco y liofilizado	69
Tabla N° 5.9	Análisis de carbohidratos, cenizas y grasas en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) fresco y liofilizado	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1	Fruto de aguaymanto (physalis peruviana L.)	22
Figura N° 2.2	Estructura de ácido ascórbico	30
Figura N° 2.3	Diagrama de fases de agua y sistemas de secado	36
Figura N° 2.4	Diagrama esquemática de un liofilizador	37
Figura N° 2.5	Etapas de liofilización	39
Figura N° 3.1	Definición de variables	43
Figura N° 4.1	Diagrama experimental	45
Figura N° 4.2	Diagrama de flujo para la obtención del aguaymanto liofilizado	50
Figura N° 4.3	Plan de trabajo de campo	51
Figura N° 4.4	Materia prima (aguaymanto)	52
Figura N° 4.5	Aguaymanto (Physalis peruviana L.) liofilizado	54
Figura N° 4.6	Determinación de sólidos solubles totales	57
Figura N° 4.7	Determinación del pH	58
Figura N° 4.8	Determinación de la acidez	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.1	Curva de calibración de ácido ascórbico	55
Gráfico N° 5.1	Vitamina C en el aguaymanto fresco y liofilizado	64
Gráfico N° 5.2	Análisis fisicoquímico del aguaymanto a 35°C	67
Gráfico N° 5.3	Sólidos totales y pH a 35°C	68
Gráfico N° 5.4	Análisis fisicoquímico del aguaymanto a 40°C	70
Gráfico N° 5.5	Sólidos totales y ph a 40°C	72
Gráfico N° 5.6	Análisis fisicoquímico del aguaymanto a 50°C	73

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la vitamina C del aguaymanto secado por el proceso de liofilización utilizando los parámetros de tiempo y temperatura como indicadores de eficacia del proceso, con el propósito de reducir al máximo la pérdida de nutrientes y prolongar su vida útil y conservación de la vitamina C en el aguaymanto (*physalis peruviana* L.). La materia prima fue adquirida en el Gran Mercado Mayorista Conzac ubicado en el distrito de Los Olivos cuya procedencia nos indicaron que crece de manera silvestre sin ser cultivado en la provincia de Huánuco, fueron sometidos a selección, clasificación, lavado, pesado, pelado, trozado y análisis.

En la evaluación el contenido de vitamina C y propiedades fisicoquímicas; se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA). La composición fisicoquímica del fruto de aguaymanto (*physalis peruviana* L.) liofilizado, fue por cada 100 g: humedad $2,28 \pm 0,21$ g, cenizas $3,57 \pm 0,19$ g, grasa $3,25 \pm 0,29$ g, proteína $6,25 \pm 0,26$ g, fibra cruda $17,45 \pm 0,16$ g, carbohidratos $84,65$ g, acidez $8,61 \pm 0,70$ g, caracterizándose por tener un índice de madurez de 3 (color 5 a 6), sólidos solubles $14,73 \pm 0,6$ °Brix y pH $2,56 \pm 0,15$

El mayor contenido de vitamina C se determinó en los siguientes parámetros: tiempo de 1 010 minutos y temperatura de 35°C, a una presión de 100 mtorr. Se realizó la evaluación nutricional del aguaymanto fresco y liofilizado, se comprobó que debido a la ausencia de agua libre la concentración de los solutos aumentó, determinándose un mayor valor nutritivo. También se realizó una comparación de los valores fisicoquímicos y porcentaje de pérdidas de vitamina C, evidenciando que la liofilización conserva mejor los parámetros antes mencionados, debido al uso de bajas temperaturas.

PALABRAS CLAVE : Liofilización, aguaymanto, vitamina C, propiedades fisicoquímicas.

ABSTRACT

In the present investigation, the vitamin C of aguaymanto was evaluated in the lyophilization process, the parameters of time, temperature, time, temperature, time, load, time, useful life, and shelf life. Vitamin C in aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). The raw material was acquired in the Great Market. Conzac wholesaler located in the district of Los Olivos. Its provenance indicates that there is a way to cultivate in the province of Huánuco, they were subjected to selection, classification, washing, weighing, peeling, cutting and analysis.

In the evaluation of vitamin C content and physicochemical properties; The Completely Random Design (DCA) is applied. The physicochemical composition of lyophilized aguaymanto fruit (*Physalis peruviana* L.) was per 100 g : humidity $2,28 \pm 0,21$ g, ash $3,57 \pm 0,19$ g, fat $3,25 \pm 0,29$ g, protein $6,25 \pm 0,26$ g, crude fiber $17,45 \pm 0,16$ g, carbohydrates 84,5 g, acidity $8,61 \pm 0,70$ g, characterized by having a maturity index of 3 (color 5 to 6), soluble solids $14,73 \pm 0,6$ ° Brix and pH $2,56 \pm 0,15$

The vitamin C content is determined in the following parameters: time of 1 010 minutes and temperature of 35°C, at a pressure of 100 mtorr. The nutritional evaluation of the fresh and lyophilized aguaymanto was carried out, it was proved that due to the absence of free water, the concentration of the relevant solutes, the determination of a greater nutritional value. A comparison of the physicochemical values and the percentage of vitamin C losses was also made, evidence that lyophilization preserves better the parameters that are due, due to the use of low temperatures.

KEY WORDS : Lyophilization, aguaymanto, vitamin C, physicochemical properties.

INTRODUCCIÓN

El estilo de vida en nuestra actualidad ha generado un creciente consumo de alimentos envasados, provocando de esta manera una ingestión insuficiente de vitaminas que provoca trastornos en el organismo, que, si la carencia es grave, pueden llegar a provocar las enfermedades y con el tiempo la muerte. Una de las vitaminas importantes para el buen funcionamiento de nuestro cuerpo es la Vitamina C (ácido ascórbico), que es una vitamina hidrosoluble, emparentada químicamente con la glucosa, la deficiencia de vitamina C produce una enfermedad conocida como escorbuto, con daños relacionados con la síntesis del colágeno, ya que el ácido ascórbico es un cofactor esencial en este proceso, la vitamina C o ácido ascórbico es un nutriente esencial en la dieta humana y es bien conocido por su capacidad de reducir las reacciones de oxidación (Rock et al., 1996)

La revalorización del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), poco conocido o desconocido fuera de sus regiones de origen, sería de gran beneficio para el poblador rural del interior del Perú que se encuentra entre los grupos poblacionales más pobres de Latinoamérica. El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) posee diferentes nombres comunes, dependiendo de la región: capulí, aguaymanto, awaymanto, bolsa de amor, cereza del Perú, uchuva, etc. El fruto es una baya carnosa, jugosa, en forma de globo con un diámetro entre 1,25 – 2,5 cm y contiene numerosas semillas (National Research Council, 1989)

Varias técnicas de secado se han empleado para conservar alimentos. La liofilización es una técnica de conservación por deshidratación aplicada a productos químicos, farmacéuticos, médicos, biológicos y alimenticios. El proceso es también llamado criodesecación porque consiste primero en congelar un producto húmedo y luego en vaporizar directamente el hielo a baja presión. (Gómez et al., 2003)

La liofilización es una técnica de deshidratación que consiste en congelar un producto húmedo y luego sublimar el hielo, removiéndolo de su fracción porosa. De las diversas técnicas de deshidratación, la liofilización es la que ofrece una mejor calidad en el producto final (Flink and Moledina 1982, Fortin 1986)

En los últimos años se ha incursionado con éxito en productos alimenticios de alto valor agregado, combinando la liofilización con otras técnicas para reducir costos (Donsi, Ferrari, & Di Mateo, 2001) (Donsi et al., 2001)

La liofilización es un proceso durante el cual el material primero se congela y se concentra el solvente, generalmente agua, para luego ser retirado por sublimación a presión reducida, hasta alcanzar valores de 5% de humedad o menores, disminuyendo las pérdidas de los componentes volátiles o termosensibles. Por medio de la liofilización, se logra reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos en mayor proporción que otros sistemas de secado. Son además productos fácilmente reconstituibles (Rey, 1975)

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el área andina se cultivan muchas frutas poco conocidas en otras regiones, como el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Esta fruta es consumida generalmente en forma natural sin mayor grado de procesamiento, posee diversos beneficios para la salud humana, debido a su alto valor nutritivo y propiedades medicinales, además es rico en compuestos bioactivos, los cuales son valorados como una de las posibles fuentes de antioxidantes. Los antioxidantes se pretenden controlar y reducir el daño oxidativo en alimentos al retrasar o inhibir el proceso de oxidación causada por especies reactivas del oxígeno, aumentando así la vida útil y la calidad de los productos.

El aguaymanto es aprovechado por su alto contenido en vitamina C y capacidad antioxidante, considerado un alimento funcional, utilizado por la industria de los alimentos para la elaboración de productos alimenticios. La demanda de aguaymanto ha permitido elevar las exportaciones, así también la exigencia del consumidor, deseando alimentos frescos, saludables, seguros y listos para comer.

La demanda de alimentos funcionales, permiten alargar la vida conservando sus mismas propiedades, cubriendo las expectativas requeridas por el mercado consumidor.

El presente estudio es encontrar los parámetros de deshidratación del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) por el método de liofilización, así como evaluar la cantidad de vitamina C y sus propiedades nutritivas que se pierde por efecto de los tiempos, temperaturas y presión a la que es sometida la fruta durante el proceso de liofilizado.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Qué efecto ocasiona la liofilización sobre el contenido de vitamina C en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)?

1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cuál es la cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco?
- 2) ¿Cuáles son los parámetros de operación para el secado de aguaymanto por la liofilización?
- 3) ¿Cuál es la cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el contenido de vitamina C presente en el aguaymanto mediante el secado por liofilización.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1) Cuantificar la cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco.
- 2) Determinar los parámetros de operación para el secado de aguaymanto por la liofilización.
- 3) Cuantificar la cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.

1.4. Justificación

Los resultados de la investigación que se propone desarrollar y obtener, tendrán valiosos aportes en los siguientes contextos:

1.4.1. Justificación teórica

Par la presente tesis se estudió y analizó por técnicas de superficie de respuesta los principales factores (parámetros) que afectan tanto la cinética de deshidratación como la calidad final del producto liofilizado, particularmente se evalúan aspectos de color, textura, apariencia y rehidratación. La liofilización es de frecuente uso en productos sensibles al oxígeno, a la

humedad y a las altas temperaturas, y en los que se requiere además conservar su viabilidad (Hammami et al., 1999)

1.4.2. Justificación tecnológica

La deshidratación del aguaymanto, sea por secado solar o por aire caliente empleando equipos no es la excepción. Al respecto existe un método de secado por liofilización donde primero se congela el producto y luego en la misma cámara se hace un alto vacío y al producto congelado se le suministra un calor de sublimación que permite una deshidratación pasando el agua congelada del estado sólido directamente al estado vapor con temperaturas que llegan apenas a 30°C, preservando el contenido de ácido ascórbico, el color y el sabor de frutas como el aguaymanto (Bautista et al., 2014, p. 38)

1.5. Limitantes de la investigación

- 1) Una de las ventajas de esta técnica es la calidad superior del producto final. Sin embargo, por el costo del proceso, la liofilización queda reservada para productos con alto valor agregado o ciertas especies.
- 2) Es necesaria una gran inversión de equipamiento, alrededor de tres veces el de otros métodos.
- 3) Alto costo energético y elevado tiempo de proceso (entre 5 y 12 h/ciclo secado).

1.5.1. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en el interior de la planta piloto de alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina, provincia de Lima, región Lima, Perú.

Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios de Físico Química, el laboratorio de Orgánica y el laboratorio de Química de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao (UNAC), ubicado en la provincia constitucional del Callao.

1.5.2. Delimitación temporal

El trabajo de investigación se realizó desde el mes de Junio del 2018 y se culminó el mes de Noviembre del 2018

1.5.3. Delimitación teórica

¿Cuál será el efecto del tiempo y la temperatura en la conservación de la vitamina C en el proceso de secado por liofilización del aguaymanto?

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los antecedentes se basan en las siguientes investigaciones tales como :

- a) **Nacionales.**- Bautista et al., (2014), en su investigación: “Obtención de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) liofilizado” los autores investigaron que el aguaymanto fue secado por liofilización con la finalidad de preservar sus características: fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas, para ello realizaron las siguientes operaciones: lavado con agua potable, selección de frutos, retiro de cáscara, desinfección de productos, enjuague con agua potable, cortado en mitades y secado por liofilización en equipo piloto modelo L-I-E-300-CRT Rificor. La humedad inicial del fruto en promedio fue de 75,56%, con 15,1°Brix, y obtuvo la humedad final de 5,63%, así mismo la conservación de la vitamina C en un 94% respecto al fruto fresco. El tiempo de liofilización fue de 72,5 horas y alcanzó una temperatura de -30°C en el punto más bajo para su congelación y 40°C en el secado del producto.

Gallo Nunura & Cevallos Vera (2014). En su tesis de nombre: “Estudio comparativo de la deshidratación del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) mediante atomización y liofilización utilizando agentes encapsulantes en la retención de vitamina C”, su presente trabajo tuvo como propósito conocer la influencia de las diversas formulaciones de encapsulantes en el secado por liofilización y atomización y su efecto en las propiedades fisicoquímicas del producto deshidratado, como son la humedad, el porcentaje de sólidos totales, la actividad del agua, el pH, °Brix, el color y el contenido de vitamina C. Usó los agentes encapsulantes como maltodextrina (M) y goma arábiga (G) Así mismo pudo comparar los dos sistemas de secado desde el punto de vista de la calidad del producto. Su trabajo lo realizó con fruta madura, de la cual se extrajo el zumo con la

ayuda de un licuoextractor. Este zumo tuvo las siguientes características: °Brix = 14.00, pH = 3.52, acidez total = 1.26 % (en base al ácido cítrico), y 42.81 mg de Ácido ascórbico/100 ml de zumo. Este zumo fue concentrado en el rotavapor Heidolph a 20° Brix, elevando el contenido del material activo (ácido ascórbico) y otros componentes.

Los dos encapsulantes empleados fueron usados en base a las siguientes formulaciones : 50% M; 37,5% M + 12,5%G; 25% M + 25% G; 12,5% M + 37,5% G y 50% G; todos estos porcentajes en base al contenido de sólidos solubles presentes en el zumo concentrado.

Contreras Mendoza, (2015), presentó su tesis cuyo nombre es : “Influencia de la temperatura de secado en la degradación térmica del ácido ascórbico en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)” cuyo objetivo final de su trabajo era la investigación para evaluar la cinética de degradación del ácido ascórbico durante el secado por aire caliente de frutos de aguaymanto. Ella trabajó con el fruto de aguaymanto entero, con un índice de madurez de 7,67 (estado maduro), con las siguientes características: Volumen = $5,06 \pm 0,05 \text{ cm}^3$; diámetro = $2,0 \pm 0,05 \text{ cm}$; peso $4,21 \pm 0,05 \text{ g}$; °Brix =13,50 y pH = 3,83. Luego procedió al secado del producto, trabajando a tres temperaturas: 60, 50 y 40°C, el tiempo de secado fue de: 13, 18 y 24 horas respectivamente, hasta alcanzar una humedad de la fruta cercana a 15% para las tres temperaturas, obteniéndose aguaymanto seco tipo pasas. Como el factor de mayor importancia es la concentración final de ácido ascórbico, ella hizo un seguimiento de la degradación térmica del ácido ascórbico con el tiempo y la temperatura, cuantificando la cantidad de dicho factor en el transcurso del proceso de secado.

Huachuillca Lizarme (2017), en su investigación de nombre: “Efecto de liofilización sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante

en la pulpa de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)” determinó, cuantificando los compuestos bioactivos en la pulpa fresca y pulpa liofilizada del aguaymanto por espectrofotometría, su capacidad antioxidante usando el reactivo ABTS y determinando las propiedades fisicoquímicas. Los compuestos bioactivos en la pulpa fresca reportó ácido ascórbico $35 \pm 2,41$ b.h ($182,32 \pm 0,39$ b.s) mg de AA/100 g, carotenoides $2,76 \pm 0,15$ b.h ($14,17 \pm 0,62$ b.s) mg β -caroteno Equi./100 g y compuestos fenólicos $44,03 \pm 0,29$ b.h ($228,70 \pm 6,94$ b.s) mg β -caroteno Equi./100 g, asimismo la capacidad antioxidante $1\ 132,27 \pm 26,03$ b.h ($5\ 879,57 \pm 168,27$ b.s) μmol Equi. Trolox/100 g, una humedad de $80,73 \pm 0,64$ por ciento y actividad de agua de 0,96, con estas características la pulpa fue concentrada a 16°Brix y sometida a liofilización en un equipo de marca LABCONCO modelo 7754040 con una temperatura inicial de 19,6°C, la temperatura de congelación final que alcanzó fue de -36°C manteniéndose esta constante, seguidamente la sublimación alcanzó a 30°C con una presión de vacío de 0,110 mbar, el tiempo de liofilización fue de 19 horas, en la pulpa liofilizada los compuestos bioactivos reportó ácido ascórbico $127 \pm 9,7$ mg de AA/100 g, carotenoides $14,17 \pm 0,62$ mg β -caroteno Equi./100 g y compuestos fenólicos $223 \pm 3,02$ mg AGE/100 g, asimismo, la capacidad antioxidante $5\ 581,81 \pm 38,81$ μmol Equi. Trolox/100 g, con una humedad de $6,80 \pm 1,05\%$ y actividad de agua de 0,40, donde se reportó la retención del ácido ascórbico en un 70,17%, β -caroteno 41,71%, compuestos fenólicos 97,70% y capacidad antioxidante 94,94% con respecto a la pulpa fresca; empleando el análisis de varianza se encontró diferencias significativas en los compuestos bioactivos, mientras que en los compuestos fenólicos no hay diferencias significativas. Demostrándose que el proceso de liofilización tiene un efecto significativo frente a los compuestos bioactivos, disminuyendo a esta y su capacidad

antioxidante. Sin embargo, este proceso retiene a los compuestos fenólicos no evidenciando un efecto significativo.

Surco Laos et al. (2017), en su trabajo: “Efectos de liofilización sobre composición química y capacidad antioxidante en pulpa de cuatro variedades de *Mangifera indica*”. En su presente trabajo evaluaron el efecto de la liofilización sobre la pulpa de cuatro variedades de mango: Chato, Rosado, Carne y Chupar. Luego efectuó un análisis químico bromatológico por métodos oficiales (AOAC, FAO) y la capacidad antioxidante por DPPH antes y post tratamiento. No encontró diferencias significativas entre las variedades de mangos salvo en el contenido de vitamina C (rosado y carne ~50% +), y carotenoides (rosado ~70% +); el procesamiento afectó la acidez con un incremento de 250%, una disminución de carotenoides totales (27% – 42%) y actividad antioxidante (~50%)

Con respecto al efecto del proceso de liofilización afectó significativamente los parámetros como : el contenido de acidez, que se incrementó y una reducción apreciable en el contenido de carotenoides y actividad antioxidantes en todas las variedades de mango.

- b) Internacionales.-** Vargas Muñoz (2015), en su investigación “Efecto de la liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en polvo”. Ella evaluó el efecto del proceso de liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en polvo. Donde concluye, que la liofilización como método de conservación de pulpa, pulpa + semillas y pulpa + semillas + epidermis de cocona en polvo, es recomendable, debido a que conservan propiedades propias de la fruta fresca, genera productos altamente estables en el almacenamiento con una $A_w < 0.4$, retiene alto porcentaje de ácido ascórbico, incrementa la claridad (no pardeamiento),

y la pureza de color (mayor viveza), y conserva el tono característico de la pulpa.

Ramírez Navas (2006), en su trabajo: "Liofilización de alimentos" realizó una revisión bibliográfica del tema de liofilización, partiendo desde un recuento histórico relacionado con los alimentos. Se definió conceptos importantes relacionados a la liofilización y sus aplicaciones; expuso los principios que rigen a la liofilización, estructura general del equipo, las variables del proceso y la tecnología utilizada en la liofilización de alimentos. Menciona, que el proceso de liofilización en alimentos se ha considerado como el mejor método para realizar el secado o deshidratación de alimentos altamente nutritivos para preservar estos y además de conservar las características organolépticas de los alimentos otorgando un valor agregado de 1 200% aproximadamente. Este método no altera la estructura fisicoquímica del material, pero permite su conservación indefinida sin cadena de frío, con menos del 15% de humedad y alta estabilidad microbiológica.

Amores Vizueté (2011), en su investigación "Evaluación Nutritiva y Nutracéutico de la Mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por la deshidratación en microondas y secador en bandejas". Evaluó nutritiva y nutracéuticamente la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada a 4 dimensiones (3 mm, 5 mm, 8 mm y entera) por el método de liofilización y comparó sus resultados con los obtenidos por deshidratación en microondas y secador en bandejas. Se logró obtener mora liofilizada a cuatro dimensiones, analizando posteriormente por duplicado el contenido de antocianos y vitamina C en cada dimensión, alcanzando un % de pérdida mínima de 16,5% en antocianos y 21,7% de vitamina C en mora entera liofilizada por 144 horas. Tiempo en el cual obtuvo un porcentaje de

humedad = 2,2 Realizó la evaluación nutricional y microbiológica de la mora fresca y liofilizada, y comprobó que debido a la ausencia de agua libre la concentración de los solutos aumentó, determinándose un mayor valor nutritivo y ausencia de levaduras. También realizó una comparación de los valores fisicoquímicos y porcentaje de pérdidas de vitamina C y antocianos por 3 métodos de deshidratación (liofilización, microondas y secado en bandejas), evidenciando que la liofilización conserva mejor los parámetros antes mencionados.

Shofian et al. (2011), en su investigación: “Efecto del secado por congelación de los compuestos antioxidantes y actividad antioxidante de las frutas tropicales seleccionadas” investigaron el efecto de la liofilización en los componentes antioxidantes y la actividad antioxidante en cinco frutas tropicales como: carambola (*Averrhoa carambola* L.), mango (*Mangifera indica* L.), papaya (*Carica papaya* L.), melón (*Cucumis melo* L.), y sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.)), donde encontraron que la liofilización afecta notablemente la actividad antioxidante de dichas frutas. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las cantidades de compuestos fenólicos totales (TPC) entre las muestras de fruta fresca y liofilizada, excepto el melón. Sin embargo, no se observó un cambio significativo ($p > 0,05$) en el contenido de ácido ascórbico de las frutas frescas y liofilizadas. En el caso de la medición de la inhibición de la peroxidación del ácido linoleico, se registró una variación significativa ($p < 0,05$) pero aleatoria entre las frutas frescas y liofilizadas.

En general, en comparación con el β -caroteno y el ácido ascórbico, se estableció una buena correlación entre el resultado de los ensayos de TPC y antioxidantes, lo que indica que los compuestos fenólicos podrían haber sido los componentes dominantes que contribuyen a la actividad antioxidante de las frutas analizadas.

(Madriñan Palomino C. , 2010), en su trabajo de nombre: “Caracterización morfológica de accesiones de *Physalis peruviana* L. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira”, el objetivo de su investigación es la caracterización morfológica mediante descriptores discriminantes de un grupo de Introducciones de uchuva representativas de la colección de trabajo de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ubicadas bajo condiciones adecuadas para este cultivo, con el fin de ajustar los descriptores existentes y establecer un grupo de atributos que permitan una identificación precisa y una selección eficiente. La investigación se realizó en la Reserva Natural "La Albecia", vereda Regaderos, corregimiento de Aují, Municipio de el Cerrito – Valle del Cauca, a una altura de 1945 m.s.n.m, a una temperatura de 18°C – 20°C, humedad relativa 70% – 80% y precipitación anual de 900 – 1 200 mm

La investigación se desarrolló en tres fases. En la primera se seleccionaron 29 introducciones representativas de la colección de trabajo de uchuva (CTU), y se elaboraron los semilleros. En la segunda se estableció el ensayo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

El tercer grupo explica el mayor grado de similitud entre las 29 introducciones evaluadas, con un porcentaje del 27,58%. El análisis de varianza para los descriptores cuantitativos: °Brix, peso del fruto con y sin cáliz y los diámetros ecuatoriales y polares, explican la mayor variabilidad, porque estos fueron altamente significativos para todas las introducciones.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1 Aguaymanto

Fruto originario del Perú, también proviene de Colombia y que luego se aclimato en Chile. El fruto es redondo amarillo, baya jugosa de 1,25 a 2,50

centímetros de diámetro, con un peso de 4 a 10 gramos, de 100 semillas aproximadamente, conteniendo una cáscara protectora natural, alto contenido de vitaminas A, B y C con minerales Fe y P, posee alta acidez, con valor desde 1,3% – 1,7 % y tiene importancia medicinal (AGRONET, 2014)

El 70% de pulpa; 6,4% de su cobertura y la semilla/cáscara, 23,6% representan al aguaymanto en sí y tienen un comportamiento climatérico (Torres, Fisher, & Miranda, 2013)

El aguaymanto contiene vitamina C, actúa como un potente antioxidante, purificando la sangre y eliminando los radicales libres, es eficaz para aliviar la garganta y combatir el asma, la pueden comer los diabéticos, destruye parásitos intestinales y mejora la próstata (Calvo Villega, 2009)

Los frutos de aguaymanto se caracterizan porque tienen un cáliz o cápsula como protección, como un farol colgante. Estos se mantienen verdes hasta alcanzar la madurez, volviéndose pardos traslucidos, y los frutos se ponen amarillo, lo cual indica que sus propiedades nutricionales varían de acuerdo a su estado de madurez fisiológica. A si también deben cumplir los requisitos generales y estar exenta de todo defecto que demerite la calidad del fruto, en algunos en pos-cosecha suelen presentar manchas superficiales ocasionadas por hongos y problemas como el rajado (Duran , 2007)

Un mes es el tiempo de vida del aguaymanto con cáliz, 4 a 5 días sin cáliz. Un mes y medio puede llegar a durar este fruto en refrigeración en condiciones óptimas (Hernández Toledo, 2013)

El tiempo de vida útil de la uchuva con cáliz es de un mes, mientras que sin cáliz es de 4 a 5 días aproximadamente. En estado de refrigeración el fruto sin cáliz puede llegar a durar hasta un mes y medio en condiciones óptimas (Mercedes Cedeño & Montenegro, 2004)

FIGURA N° 2.1

FRUTO DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.)



Fuente : Agronet (2014)

TABLA N° 2.1.

RELACIÓN ENTRE COLORES, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y GRADOS DE MADUREZ EN EL AGUAYMANTO, SEGÚN LA NTC 4580

Color	Parte externa	Sólidos solubles mínimo (°Brix)	Ácido cítrico Máximo (%)	Índice de madurez (°Brix/% acidez)
0	Fisiológicamente desarrollado, color verde oscura	9,4	2,69	3,5
1	Color verde un poco más clara	11,4	2,70	4,2
2	Color verde se mantiene en la zona cercana a la cobertura y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas	13,2	2,56	5,2
3	Color anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz	14,1	2,34	6,0
4	Color anaranjado claro	14,5	2,03	7,1
5	Color anaranjado	14,8	1,83	8,1

Fuente : Norma INCOTEC NTC 4580

- a) **Taxonomía y Morfología.**- El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un fruto que pertenece a la familia de las solanáceas, su clasificación taxonómica completa se muestra en la **Tabla N° 2.2**.

TABLA N° 2.2

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL AGUAYMANTO

JERARQUÍA	DESCRIPCIÓN
REINO	Plantae
SUBREINO	Tracheobionta
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Asteridae
SUBCLASE	Asteridae
ORDEN	Solanale
FAMILIA	Solanaceae
GÉNERO	Physalis
ESPECIE	<i>Physalis peruviana</i> L.
NOMBRES COMUNES	Uchuva, uvilla, tomatillo, aguaymanto, calipui

Fuente : (Wikipedia, 2018)

- 1) **Uso agroindustrial del aguaymanto.**- Cajamarca, Ancash, Junín, Ayacucho, Huánuco y Cusco son las regiones que producen la mayor producción de cultivo de aguaymanto, así mismo empresas, se encargan de la transformación y la exportación de este fruto. Las exportaciones de aguaymanto entre año 2013 y 2015 tuvo un crecimiento de 161%, gracias a los pequeños productores, con la ayuda de Sierra Exportadora, donde el Perú exportó aguaymanto orgánico deshidratado, conserva, cubierto de chocolate, en almíbar, mermelada, néctar, pulpa, entre otros a 34 mercados por un valor de 1,8 millones de dólares, monto 15% superior al del 2014 (1,5 millones) y al del 2013 cuando fue de 687,341 dólares (sierra exportadora, 2015)

El aguaymanto se exporta deshidratado, mediante secado por aire caliente, en fresco principalmente, seguido de jugos, salsas, pasteles y helados. Asimismo, en fruto procesado, elaborándose néctares, mermeladas, conservas en almíbar y sobre todo con aplicaciones en medicina, como un líquido diurético y antiasmático utilizando las hojas del fruto. (Pérez Eusebio & Willis Zoeger, 2015)

TABLA N° 2.3

CARACTERÍSTICAS DE LA FRUTA ESTUDIADA

Nombre común	Nombre científico	°Brix	pH	Parte usada
Aguaymanto	Physalis peruviana	13,4 ± 0,2	3,43 ± 0,01	Todo

Fuente : Osborne, D. y Voogt, P. 1986

TABLA N° 2.4

PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES A BASE DE AGUAYMANTO

Productos Agroindustriales	
Aguaymanto Orgánico Fresco	Fruto libre de agroquímicos, envasado para ser exportado y consumido directamente, es aprovechado por su alto valor nutricional
Néctar de Aguaymanto	Elaborado de la pulpa de aguaymanto y algunos preservantes, su sabor es agridulce y cierta viscosidad propia de un néctar, su presentación es en frasco de vidrio
Mermelada de Aguaymanto	Elaborado del fruto de aguaymanto y algunos preservantes, rico en vitaminas A y C, con textura viscosa, cuya presentación es en frascos de vidrio.
Aguaymanto deshidratado	Fruto deshidratado por medio de procesos industriales, donde se elimina el agua, para evitar crecimientos de bacterias y facilite su comercialización, posee fibra, vitamina A y C, fortaleciendo el nervio óptico y sistema inmunológico.

Fuente : Guerrero et al. 2012

b) Valor nutricional.- El valor energético del aguaymanto está en su alto contenido de provitamina A y vitamina C, por ser antioxidantes, siendo ideal para niños, deportistas y estudiantes. Este fruto previene el cáncer, la cicatrización de heridas y el asma (Hernández Toledo, 2013)

TABLA N° 2.5

INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL AGUAYMANTO (100 GRAMOS)

Componentes	Contenido de 100 g
Calorías	54 kcal
Humedad en base húmeda	78,90%
Carbohidratos	13,1 g
Cenizas	1,01 g
Fibra	4,80 g
Grasa Total	0,40 g
Proteína	1,10 g
Ácido ascórbico	26,0 mg
Calcio	7 mg
Caroteno	1,1 mg
Fósforo	38,0 mg
Hierro	1,20 mg
Niacina	1,30 mg
Rivoflavina	0,03 mg

Fuente : Torres (2011); citado por Hernández (2013)

2.2.2 Vitamina C

Conocida como ácido ascórbico, la vitamina C es un compuesto altamente polar y por lo tanto soluble en agua (hidrosoluble). Es considerada como el agente reductor más reactivo que puede ocurrir en forma natural en el tejido viviente, también se considera como nutriente esencial para el ser humano, porque éste no puede sintetizarlo por sí solo (Núñez Abarca, 2008)

TABLA N° 2.6

COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL AGUAYMANTO (G/100 G DE FRUTA)

Componente	Aguaymanto
Humedad (%)	79,8
Cenizas (%)	1,0
Proteína cruda (%)	1,9
Fibra cruda (%)	3,6
Grasa cruda (%)	0,0
Carbohidratos (%)	17,3
Energía total (Kcal/100 g de muestra)	23,2

Fuente : ICONTEC. 1999. Uchuva (*Physalis peruviana*)

TABLA N° 2.7

CONTENIDO DE MINERALES EN EL AGUAYMANTO (mg/100 g)

Fruta	Fósforo	Calcio	Hierro	Zinc	Potasio
Aguaymanto	37,9	10,55	1,24	0,4	292,65

Fuente : (Osborne & Voogt, 1986)

La inestabilidad de esta vitamina es considerada el principal problema, pues como se sabe la vitamina C es la menos estable de las vitaminas hidrosolubles. En especial es lábil al calentamiento en presencia de oligometales como el cobre. En solución se degrada, además el ácido ascórbico se oxida fácilmente en presencia de oxígeno y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura (Ramos et al., 2002). Entre otros factores que pueden influir en los mecanismos de degradación de la vitamina C, se pueden citar la concentración de sal y azúcar, el pH, las enzimas, los catalizadores metálicos y la concentración inicial de ácido (Núñez Abarca, 2008)

a) Fuentes principales.- En la naturaleza está presente casi en forma reducida de ácido L-ascórbico. Las principales fuentes de vitamina C son las frutas, hortalizas y zumos (Villarroel, 2008)

Tradicionalmente los alimentos ricos en vitamina C son las frutas del tipo cítrico: naranja, mandarina, pomelo, frutilla, melón y kiwi; vegetales como el tomate, brócoli, pimienta, espinaca y berro (Chire y Dávila, 2004), así como también perejil y brotes de soya (Murillo, 2006). Sin embargo, el camu camu contiene más vitamina C que cualquier otra fruta, pues comparada con la naranja, el camu camu proporciona 30 veces más vitamina C (Zavala, 2010)

El contenido de vitamina C en las frutas y verduras varía de acuerdo al estado de madurez, siendo menor cuando están verdes, aumenta la cantidad cuando está en su punto de maduración y luego vuelve a disminuir (Villarroel Diaz, 2008).poner tabla ntc

b) Propiedades antioxidantes.- Los antioxidantes son moléculas que tienen la propiedad de evitar o prevenir la oxidación con otras moléculas. En estas reacciones de oxidación, a veces, se producen radicales libres, especies muy oxidativas y que pueden dañar al organismo (Almajano, 2009)

La vitamina C ha sido reconocida por la Food and Drug Administration (FDA) como uno de los cuatro antioxidantes dietéticos, los otros tres son las vitaminas E, la vitamina A cuyo precursor es el β - caroteno, y el selenio. Esta vitamina se considera uno de los antioxidantes naturales más eficaces, menos tóxicos, y posee las características de lo que podría considerarse un secuestrador ideal de radicales libres (Núñez, 2008). En el organismo, una de sus principales propiedades consiste en regenerar el α -tocoferol a partir de radicales tocoferoxilo (Guija et al., 2005)

Es una vitamina antioxidante que el ser humano no puede sintetizar y necesariamente debe ingerirlo en su dieta (Guija et al., 2005) El consumo

de una naranja mediana cubre casi el requerimiento diario de un adulto, aportando 45mg (Villarroel, 2008)

Por otro lado, la vitamina C es usada frecuentemente en los alimentos, constituyendo uno de los agentes antioxidantes naturales más poderosos que desarrolla su acción en los compartimientos acuosos celulares (Villarroel, 2008) Se ha utilizado contra la oxidación en vinos, cerveza, frutas, vegetales, bebidas, carnes curadas y productos de pescado (Núñez, 2008)

c) Métodos de determinación.- Los métodos más empleados son :

- 1) Método de titulación volumétrica.**- Este método se fundamenta en la reducción del 2,6 diclorofenol-indofenol (DFI), que es coloreado, a su forma reducida que es incolora, por efecto del ascorbato, que pasa a su forma oxidada deshidroascorbato. El punto final está determinado por la aparición de una coloración rosada debida a la presencia de DFI sin reducir, en medio ácido. Se trata por lo tanto de una volumetría de oxidación-reducción (Horwitz & Latimer, 2005)
- 2) Método espectrofotométrico.**- Fue propuesto por el Departamento de Agricultura de Canadá (Villarroel, 2008). La determinación espectrofotométrica del contenido de ácido ascórbico en frutas y vegetales se basa en la reducción del colorante 2,6 diclorofenol-indofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico. El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución del colorante; esta capacidad es determinada espectrofotométricamente (Briceño, 2002)
- 3) Método cromatográfico.**- En este tipo de método se utiliza el equipo de HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Resolución), equipado con columna PHENOMENEX GEMINI/C-18/110A/5µm/250 x 46,0 mm, detector UV-VIS modelo SPD-10AVVP e inyector de muestra de capacidad de 20µl. Comúnmente se utiliza como fase móvil una

solución a 0,2M de KH_2PO_4 ajustado a un pH de 2,4 con H_3PO_4 y a un flujo (flow-rate) de 0,5 mL/min. La detección se realiza a una longitud de onda de 254 nm del espectro UV, usando como estándar al ácido ascórbico (Calvay Verastegui, 2009)

2.2.3 Ácido ascórbico

Shofian et al., (2011) mencionan. “Los compuestos antioxidantes tales como ácido ascórbico juegan papeles terapéutico y preventivo contra varias enfermedades tales como el envejecimiento, la inflamación y ciertos tipos de cáncer”.

Melendez et al., (2004) plantea que el ácido ascórbico es el ácido orgánico más importante de las frutas y verduras, en relación con su valor nutricional, es un ácido hidrosoluble, sensible al calor y a las reacciones de oxidación, característica que demuestran que el ácido ascórbico se puede destruir fácilmente en presencia de oxígeno o aumento de temperatura. La oxidación también depende del pH, porque la forma ionizada es más sensible que la forma no ionizada.

Encina (2006), menciona que está presente en el fruto alrededor de 28,55 mg/100 g y se requiere para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo. Es necesario para formar, el tejido cicatricial, los tendones, los ligamentos y los vasos sanguíneos. El ácido ascórbico tiene actividad de vitamina C, además es un antioxidante y como tal es un nutriente que bloquea parte del daño causado por los radicales libres.

TABLA N° 2.8

**ANÁLISIS DE ÁCIDO ASCÓRBICO DEL AGUAYMANTO
CUANTIFICADOS EN DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ**

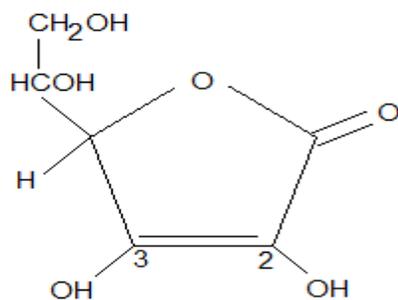
Componente	Contenido según estado de madurez					
	Cero	Uno	Dos - Tres	Cuatro	Cinco	Seis
Ácido Ascórbico (mg/100g)	3,23 ± 0,08	12,89 ± 1,02	28,55 ± 0,1	35,9 ± 0,84	45,23 ± 1,24	51,65 ± 0,91

Fuente : Norma Técnica Colombiana 4580 (1999)

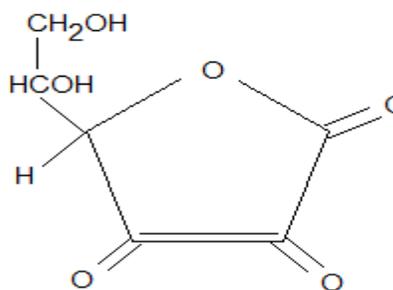
a) **Estructura.-** Existen varias sustancias que presentan una actividad biológica de vitamina C, pero con excepción del ácido L-ascórbico y el ácido L-deshidroascórbico (producto de la oxidación del anterior), las demás tienen una importancia nutricional insignificante; sólo los isómeros L de estos dos vitámeros actúan como tal, por ejemplo, el ácido D-ascórbico no es activo. El ácido L-deshidroascórbico representa aproximadamente un 80% de la potencia vitamínica del ácido L-ascórbico como se muestra en la **Figura 2.2** (Badui, 2006)

FIGURA N° 2.2

ESTRUCTURA DE ÁCIDO ASCÓRBICO



Ácido L-ascórbico



Ácido L-deshidroascórbico

Fuente : (Badui Dergal, 2006)

b) Degradación de ácido ascórbico.- Su oxidación está en función de muchas variables, principalmente disponibilidad del oxígeno, temperatura, pH (más estable a pH ácidos), metales de transición (hierro y cobre) y luz; además, influyen algunas sales, la actividad del agua, los peróxidos, ciertas enzimas (el ácido ascórbico oxidasa que contiene cobre) y la presencia de otras vitaminas, sobre todo de la riboflavina por ser fotosensible. Al procesar un alimento se presentan condiciones en las que actúan muchas de estas variables conjuntamente de manera sinérgica, y sólo en sistemas modelo se estudia individualmente cada una de ellas. (Badui, 2006, p.299)

El contenido de ácido ascórbico de un producto está influenciado por una variedad de factores como el grado de madurez, las prácticas culturales, las condiciones de cultivo y manejo pre y post-cosecha y almacenamiento (Belitz y Grosh, 1988)

El contenido de ácido ascórbico puede disminuir en tratamiento de altas temperaturas, ya que su degradación química implica la oxidación de ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico, seguido por hidrólisis a ácido 2,3-dicetogulónico y polimerización adicional para formar otros productos nutricionalmente inactivos (Chang et al., 2006)

Algunos estudios informan que la liofilización puede retener la cantidad de ácido ascórbico gracias a que el tratamiento se realiza con bajas temperaturas, obteniendo el mínimo deterioro de esta vitamina hidrosoluble (Shofian et al., 2011)

c) Estabilidad de ácido ascórbico.- Los alimentos se deterioran principalmente por contaminaciones microbianas, y también por actividad enzimática y reacciones químicas; para evitar estos cambios y conservarlos por largo tiempo, se someten a uno de los procesos, o a una combinación de ellos, basados en altas temperaturas (escaldado, pasteurización, esterilización), en bajas temperaturas (refrigeración,

congelación), en la eliminación del agua (deshidratación), en el control de la actividad del agua (concentración, alimentos de humedad intermedia), en el empleo de aditivos (benzoatos sorbatos), en el control de pH (acidificación, fermentación), en el uso de radiaciones, etc. (Badui, 2006, p.391)

2.2.4 Secado

El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido. Es decir, la separación de la humedad de los sólidos (o de los líquidos) por evaporación en una corriente gaseosa, en consecuencia, en cualquier operación de secado se tendrá en cuenta los mecanismos de transmisión de calor y transporte de materia. En la mayor parte de los problemas prácticos de secado la humedad (o líquido a separar) suele ser vapor de agua y el gas empleado para el secado suele usar aire (Sharma et al., 2003) Al respecto Geankoplis (1998), menciona, que secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas, de un cierto material.

El agua es el principal componente de los alimentos, ayudándoles a mantener su frescura, sabor, textura y color. Además de conocer el contenido de agua o humedad de un alimento, es imprescindible conocer si está disponible para ciertas reacciones bioquímicas, enzimáticas, microbianas, o bien interactuando con otros solutos presentes en el alimento, como son, proteínas, carbohidratos, lípidos y vitaminas (Sharma et al., 2003)

Esta técnica de conservación trata de preservar la calidad de los alimentos bajando la actividad de agua (A_w) mediante la disminución del contenido de humedad, evitando así el deterioro y contaminación microbiológica de los mismos durante el almacenamiento. Para ello se pueden utilizar varios métodos de secado o combinación de los mismos, tales como secado solar, aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, el método escogido depende del tipo de alimento que

se va a secar, el nivel de calidad que se puede alcanzar y el costo que se puede justificar (Ocampo, 2006)

El método más usado es el secado con aire caliente, que elimina el agua libre de un producto, al ser arrastrado por el aire, en forma de vapor a una temperatura inferior a la ebullición (Bueno e Iglesias, 1993)

Este proceso se realiza por la transferencia de masa de contacto gas-sólido, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Cuando estas dos presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado cesa (Brennan et al. ,1998)

Desde el punto de vista comercial una importante ventaja de utilizar esta técnica es que al convertir un alimento fresco en uno procesado se añade valor agregado a la materia prima utilizada. Además, se reducen los costos de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto fresco (Sharma et al., 2003)

Hoy en día, muchos alimentos secados sirven de base para el desarrollo y formulación de nuevos productos, porque estos al ser fuentes de proteínas, vitaminas, minerales, fibra dietética y antioxidante, por esta razón es que son considerados como componentes o ingredientes de alimentos funcionales, debido a su fácil incorporación en productos lácteos (leches, postres, yogur, helados, galletas, pasteles, sopas instantáneas y en platos preparados) (Brennan et al. ,1998)

a) Ventajas de los alimentos deshidratados :

- 1) Las frutas deshidratadas tienen un sabor increíble. Su sabor es intenso
- 2) Es muy simple prepararlas Solamente corte, deshidrate y empaque
- 3) Son Nutritivas y le ayudan a estar en forma La pérdida de nutrientes es mínima y no requiere de conservantes

- 4) Le dan economía Los alimentos pueden adquirirse en épocas de abundancia y rebajas para disfrutarlos después
- 5) Fáciles de usar, los alimentos deshidratados pueden utilizarse de 1000 maneras diferentes
- 6) Fáciles de empacar en un recipiente con tapa o bolsita de cierre se conservan muy bien por largos períodos
- 7) Económicas de almacenar, no requieren de congelador o refrigerador para almacenarse
- 8) Compactas utilizan poco espacio en los estantes o incluso en su cartera
- 9) Livianas ideales para llevar de paseo, camping o en actividades externas pues no pesan, ideal para los deportistas. Convenientes no se derriten ni deshacen (22)

2.2.5. Secado por liofilización

Orrego (2003), definió la liofilización como un proceso de secado mediante sublimación que se ha desarrollado con el fin de reducir la pérdida de los compuestos responsables de sabor y aroma de los alimentos, los cuales se afectan en gran medida durante los procesos convencionales de secado.

Gómez et al., (2003), definen la liofilización es una técnica de conservación por deshidratación aplicada a productos químicos, farmacéuticos, médicos, biológicos y alimenticios. El proceso es también llamado criodesecación porque consiste primero en congelar un producto húmedo y luego en vaporizar directamente el hielo a baja presión.

Sicha y Lock de Ugaz (1995), definen la liofilización o secado por congelación es un proceso donde el producto que se va a secar se congela mediante exposición a aire muy frío, luego se coloca en una cámara de vacío, en donde la humedad se sublima y se elimina por bombeo mediante eyectores de vapor o bombas mecánicas de vacío.

Kasper et al., (2013) mencionan que la liofilización es un proceso común, pero muy costoso, para lograr el secado de las formulaciones de proteínas con estabilidad a largo plazo. En el pasado, la optimización del proceso típico se ha centrado en las etapas de secado y la etapa de congelación fue más bien ignorado. Sin embargo, la etapa de congelación es un paso igualmente importante en la liofilización, porque afecta tanto el rendimiento del proceso y la calidad del producto.

Ramirez Navas (2006) define a la liofilización o deshidrocongelación como un proceso en el que se congela el producto y posteriormente se introduce en una cámara de vacío para realizar la separación del agua por sublimación. De esta manera se elimina el agua desde el estado sólido al gaseoso del ambiente sin pasar por el estado líquido. Para acelerar el proceso se utilizan ciclos de congelación-sublimación con los que se consigue eliminar prácticamente la totalidad del agua libre contenida en el producto original, pero preservando la estructura molecular de la sustancia liofilizada.

Orrego Alzate (2008) menciona en su trabajo que la liofilización llamada anteriormente criodesecación, es un proceso de secado que se basa en sublimar el hielo de un producto congelado. El agua del producto pasa, por tanto, directamente de estado sólido a vapor sin pasar por el estado líquido, para lo cual se debe trabajar por debajo del punto triple del agua, $0,01^{\circ}\text{C}$ y $4,5\text{ mmHg}$. Como proceso industrial se desarrolló a mediados del siglo XX, pero sus principios eran ya conocidos y empleados por los incas. El procedimiento ancestral consistía en dejar que los alimentos se congelasen durante la noche por la acción del frío de los Andes y gracias al calor de los primeros rayos de sol de la mañana y la baja presión atmosférica de las elevadas tierras andinas se producía la sublimación del agua congelada. Este proceso es conocido como liofilización natural.

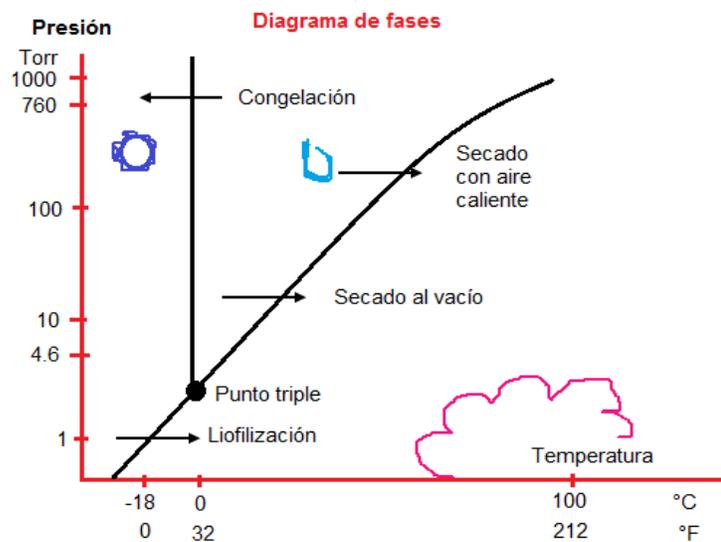
En la **Figura N° 2.3 (Ver pag. N° 36)** se ilustra el diagrama de fases de agua y sistemas de secado. El calor transferido desde la fase gaseosa por

conducción, convección o radiación llega a la superficie seca y se transfiere por conducción hasta la capa congelada. En algunos casos, el calor también pasa a través del material congelado para llegar al plano de sublimación. El tiempo total de secado debe ser lo suficientemente largo como para que el contenido final de humedad sea inferior al 5% en peso, y evitar así la degradación del producto final durante su almacenamiento. Las temperaturas máximas que se alcanzan en alimentos secos y productos congelados deben ser bastante bajas para mantener la degradación a un mínimo.

Los liofilizadores consisten en una cámara a vacío, dotada de bandejas donde se coloca el producto a liofilizar, y de los calentadores para suministrar el calor latente de sublimación. Para la condensación se emplea serpentines refrigerantes dotado de un sistema automático de descongelación con el objeto de mantenerlos libres de hielo, para que su capacidad de condensación se mantenga según se muestra en la **Figura N° 2.4 (Ver pag. N° 37)**

FIGURA N° 2.3

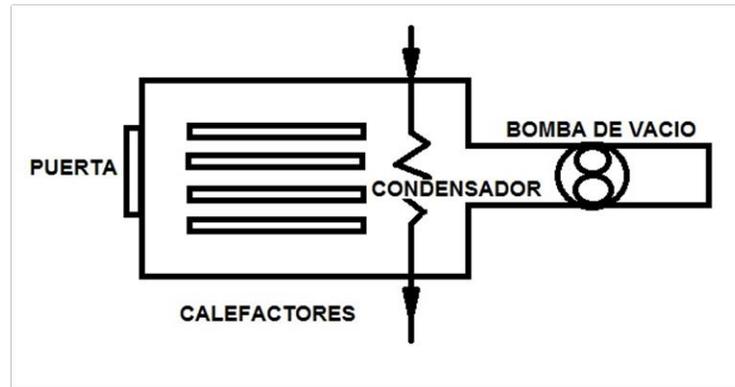
DIAGRAMA DE FASES DE AGUA Y SISTEMA DE SECADO



Fuente : Ramírez Navas (2006)

FIGURA N° 2.4

DIAGRAMA ESQUEMÁTICA DE UN LIOFILIZADOR



Fuente : Elaboración propia

a) **Etapas de la liofilización.**- La liofilización consta de tres etapas: congelación, sublimación o secado primario y desorción o secado secundario.

1) **Congelación.**- En la etapa de congelación, el producto es sometido a baja temperatura para que el agua que contiene en el pase de fase líquida a fase sólida buscando la redistribución del soluto y una concentración relativa de la congelación parcial del agua, con el fin de facilitar la etapa de secado (Rangel, 2004)

Ceballos et al (2008) mencionan. “La congelación es la etapa donde se establece la estructura y las características del producto a obtener después de la etapa de secado, lo cual le da importancia a conocer variables de congelación como la frecuencia, temperatura mínima de congelación, temperatura de la capa de congelación durante el secado, velocidad óptima de enfriamiento y temperatura mínima de fusión incipiente”

- 2) Sublimación o secado primario.**- En el secado primario, el producto congelado se calienta bajo condiciones de vacío para retirar el agua por sublimación mientras la fruta se mantiene por debajo del punto eutéctico (Ayala, 2010)

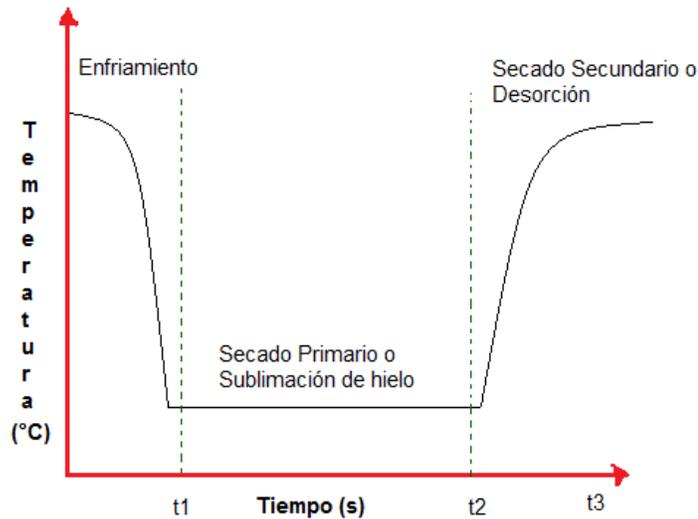
El paso de hielo a vapor requiere gran cantidad de energía que suministrada en alto vacío pues la interfaz de secado se mueve hacia el interior de la muestra y el calor tiene que atravesar capas congeladas (sistemas liofilizados en bandeja, sin granular) o secas (en granulados), generándose un considerable riesgo de fusión del material intersticial o quemar la superficie del producto que está seco (Orrego, 2003)

- 3) Desorción o secado secundario.**- El secado secundario se realiza por evaporación del agua que no se sublima en la etapa de secado primario, donde se eleva la temperatura de la matriz de alimento, para el inicio de esta etapa el producto debe contener menos del 3% del contenido de agua inicial (Welti et al., 2005)

Las partes secas de la muestra que se liofiliza pueden comenzar su secado secundario, aunque haya presencia de hielo en el alimento que sublima en fase primaria; mientras estas dos fases coexistan, y debido que el hielo que sublima enfría la estructura, permanece controlada la temperatura del alimento (Orrego, 2003)

En ese momento la velocidad de calentamiento debe disminuir para mantener la temperatura del producto por debajo de 50°C, lo que evita el colapso del producto (Ramírez, 2006)

FIGURA N° 2.5
ETAPAS DE LIOFILIZACIÓN



Fuente : Ramírez, (2006)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Liofilización

Según Orrego Alzate (2008), el proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos; el primero consiste en congelar el producto y en el segundo paso el producto es secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida.

2.3.2. Humedad

Se denomina humedad al agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmósfera el cual, por condensación, forma las nubes, que ya no están formadas por vapor sino por agua o hielo.

2.3.3. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud

escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica

2.3.4. Presión

Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.

2.3.5. Vitamina C

La vitamina C, enantiómero L del ácido ascórbico o antiescorbútica, es un nutriente esencial para el ser humano, los primates, los caballos y algunos murciélagos, quienes carecen del mecanismo para su síntesis.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

a) **Hipótesis general.**- El secado del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) mediante un proceso de liofilización para mantener la mayor concentración de vitamina C, será una dependencia de la temperatura y tiempo.

b) **Hipótesis específicas :**

- 1) La cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco, nos indicará un nivel de referencia con el cual será factible comparar con la cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.
- 2) Bajo el control de una menor temperatura y mayor tiempo se mejora el rendimiento del secado, empleando la liofilización.
- 3) La mayor cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado se logrará bajo las temperaturas de : – 40°C y 35°C

3.2. Definición conceptual de las variables

a) **Variable dependiente :**

Y = Efecto del secado en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) mediante el proceso de liofilización.

b) **Variable independiente :**

X₁ = Cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco.

X₂ = Efecto de sus parámetros en el secado por liofilización.

X₃ = Cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.

3.3. Operacionalización de la variable:

Se realizó la operacionalización de variables a través de dimensiones indicadores y métodos de ensayo a realizar. (Véase la Tabla N°3.1)

TABLA N° 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	MÉTODO
Y = Efecto del secado en el aguaymanto mediante el proceso de liofilización.	– Temperatura – Tiempo	– Celsius (°C) – Minutos	Análisis estadístico
VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	MÉTODO
X₁ = Cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco.	– Cantidad de vitamina C	– gramos de vitamina C/100 g producto	A.O.A.C. 985.33
X₂ = Efecto de sus parámetros en el secado por liofilización.	– Temperatura – Tiempo	– Celsius (°C) – Minutos	Equipo liofilizador – tellar milrock (Opti Dry 2015.1)
X₃ = Cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.	– Cantidad de vitamina C	– gramos de vitamina C/100 g producto	A.O.A.C. 985.33

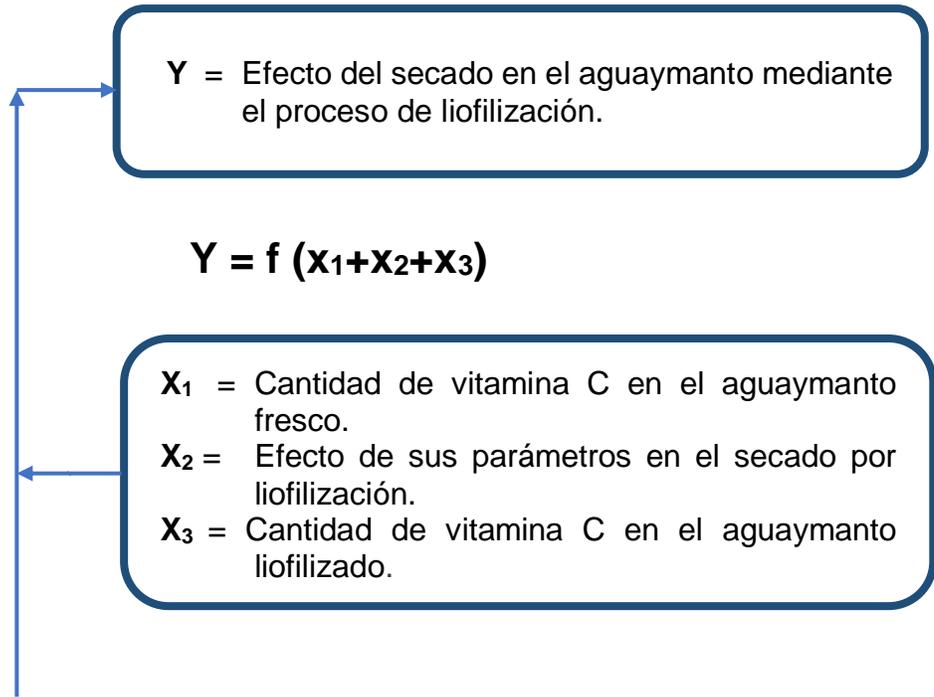
Fuente : Elaboración Propia

3.3.1. Definición operacional de la variable

La presente investigación posee las siguientes variables, esquematizadas en la **Figura N°3.1 (Ver pag. N° 37)**

FIGURA N° 3.1

DEFINICIÓN DE VARIABLES



Fuente : Elaboración Propia

IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo experimental, dado que se requiere de la observación, registro, análisis, y un manejo de parámetros a controlar, asimismo fue de tipo cuantitativo debido a que se obtuvo una concentración de vitamina C y porcentajes de sus propiedades nutritivas.

La finalidad de la tesis fue de tipo aplicada, dado que los parámetros que se obtuvieron de la experimentación se podrán utilizar como base de información para el secado del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) con la técnica de liofilización.

a) Diseño de la investigación.- En esta investigación se utilizó un DCA, donde se realizó comparaciones; además es el más simple de todos los diseños que se utilizan para comparar dos o más tratamientos, dado que solo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Gutierrez y De la Vara Salazar, 2008)

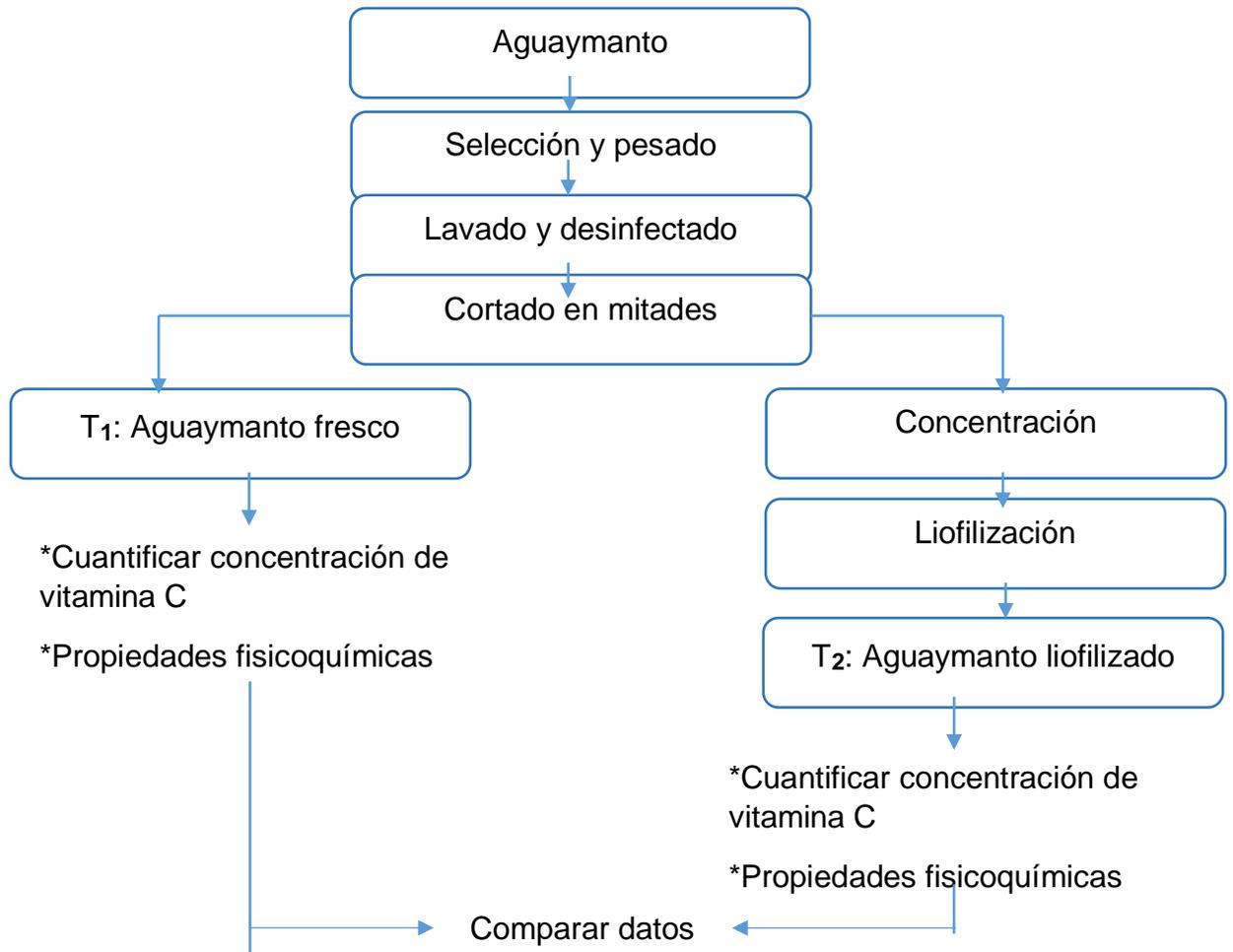
Se tuvo como variables de entrada o independiente la cantidad de vitamina C presente en el aguaymanto (fresco y liofilizado), y el efecto de sus parámetros en el secado por liofilización; y como variable dependiente o de salida el efecto del secado en el aguaymanto mediante el proceso de liofilización. **Ver Figura N° 4.1 pag. N° 45**

4.2 Población y muestra

La población se representa con 10 Kg de frutos de aguaymanto con una madurez adecuada y adquiridas en el Gran Mercado Mayorista Conzac ubicado en la Av. Angélica Gamarra N° 850, distrito de Los Olivos, provincia de Lima y de la región Lima, cuya procedencia nos indicaron que crece de manera silvestre sin ser cultivado en la provincia de Huánuco.

FIGURA N° 4.1

DIAGRAMA EXPERIMENTAL



Fuente : Elaboración Propia

Los frutos fueron seleccionados, donde se obtuvo un producto fresco, de este producto se cuantificó la concentración de vitamina C (ácido ascórbico), asimismo se determinó sus propiedades fisicoquímicas. Posteriormente el Aguaymanto se liofilizó de la misma forma se cuantificó la

concentración de vitamina C (ácido ascórbico), asimismo se determinó sus propiedades fisicoquímicas.

a) Muestra.- Se tomó las muestras al azar de 500 g de aguaymanto para cada repetición, estos se recolectan teniendo en cuenta el estado de madurez 3, ausencia de golpes y rajaduras, también que no presenten daños por picadura de insectos o enfermedades, tiene una coloración amarilla - naranja, peso promedio aproximado de 6 – 8 g y un diámetro de 1,35 – 2,0 cm., la cual se realizó un corte por la mitad, para luego molerlo en un mortero en el laboratorio, donde se obtuvo una mezcla fresca y se cuantificará los compuestos bioactivos como la vitamina C, asimismo se le determinará sus propiedades fisicoquímicas.

Del mismo modo se sometió 2 000 g a un proceso de liofilización y se obtendrá el aguaymanto liofilizado, donde a este se le realizarán los mismos análisis que al aguaymanto fresco.

4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información documental

4.3.1. Procedimiento de recolección de datos

Los resultados de la concentración de vitamina C, se analizaron mediante ANOVA. Los tratamientos se realizaron por triplicado. Para establecer diferencias significativas entre medias se aplicó la prueba de Tukey con una probabilidad de $P < 0.05$ un intervalo de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$) Los datos se analizaron a través del software Excel versión 2013 y Minitab 18 Los resultados se expresaron como la media \pm error estándar de los análisis de propiedades fisicoquímicos. Los resultados en el aguaymanto liofilizado se compararon entre sí y con respecto al aguaymanto fresco.

4.3.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos se realizó un DCA utilizando la comparación de medias DMS (Diferencia mínima significativa)

TABLA N° 4.1

MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL

Factores	Niveles		
Temperatura (°C)	35	40	50
Tiempo (min)	735	990	1010

Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 4.2

MATRIZ DE EXPERIMENTOS

Experiencia	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	35	735
2	35	990
3	35	1010
4	40	735
5	40	990
6	40	1010
7	50	735
8	50	990
9	50	1010

Fuente : Elaboración propia

4.3.3. Materiales, Reactivos y Equipos

a) Materia prima e insumo :

- 1) Aguaymanto (Physalis peruviana L.)

b) Equipos:

- 1) Liofilizador marca MILLROCK TECHNOLOGY SERIE LIOFILIZADORA STELAR 210 con sistema de congelación (refrigerante R – 134a)
- 2) Estufa, marca Binder, modelo 57LT–ED56
- 3) Balanza analítica Precisa Gravimetrics AG 0,01 g
- 4) Mufla THERMOLUNE SYBRONTYPE 1300 FURNACE

- 5) pH metro digital marca Hanna
- 6) Termómetro marca DATA TRACE

c) Materiales :

- 1) Bureta 50 ml GERMANY ISO LAB $\pm 0,050$ ml
- 2) Vasos de precipitados : de distintas capacidades de marca PYREX.
- 3) Matraces Erlenmeyer 250 ml marca KIMAX.
- 4) Bagueta de vidrio.
- 5) Fiolas 50 ml y 100 ml marca FORTUNA
- 6) Placas petri
- 7) Desecador con sílicas
- 8) Espátulas de acero inoxidable.
- 9) Probetas 10, 50 y 100 ml de marca KYNTEL
- 10) Refractómetro ATAGO 0~32 °Brix
- 11) Tubos de ensayo y Gradilla
- 12) Piseta
- 13) Mortero y pilón
- 14) Pipetas: de distintas capacidades 1 ml, 5 ml, 10 ml
- 15) Peras de decantación
- 16) Soporte universal
- 17) Propipetas
- 18) Cuchillos
- 19) Colador de plástico
- 20) Embudo
- 21) Guantes estériles
- 22) Mascarilla
- 23) Gorro
- 24) Papel tisú
- 25) Papel aluminio
- 26) Plumón marcador marca FABER – CASTELL

d) Reactivos :

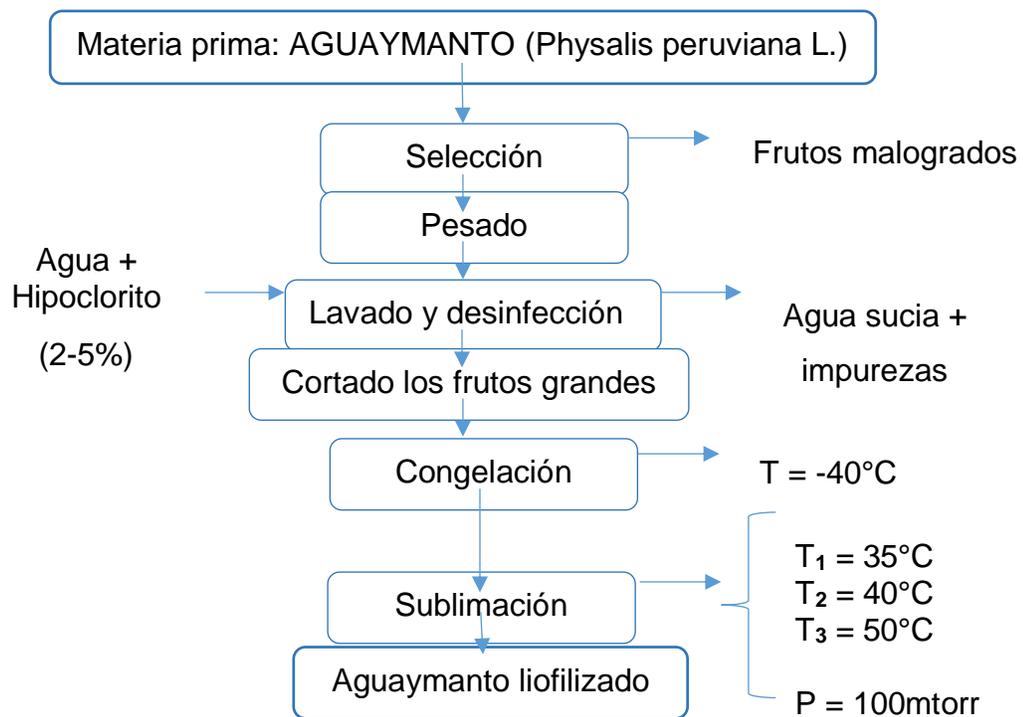
- 1) Hidróxido de sodio 0,1 N
- 2) Fenolftaleína al 1%
- 3) Agua destilada o desionizada
- 4) Hipoclorito de sodio al 5,5%
- 5) Ácido oxálico 0,4%
- 6) 2 – 6 diclorofenolindofenol (solución coloreada) 12 mg en 1 000 ml de agua destilada
- 7) Ácido ascórbico al 0,1%
- 8) Metanol químicamente puro 80%; líquido claro incoloro muy polar.
- 9) ABTS (Ácido 2,2' azino – bis – 3 – etilbezotiazolin – 6 – 6 sulfúrico).
- 10) Folin Ciocalteu sinma 2N; mezcla de fosfomolibdato y fosfofungtato.
- 11) Hexano.
- 12) BHT (Butilhidroxitolueno).
- 13) Agua Destilada
- 14) Desinfectante
- 15) Detergente

4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de campo

El método de investigación es experimental ya que se manipularon las variables independientes (posibles causas), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables (supuestos efectos). Para la obtención del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) liofilizado ver **Figura N° 4.2 (Ver pag. N° 50)**, donde se muestra el proceso para la obtención de aguaymanto liofilizado.

FIGURA N° 4.2

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DEL AGUAYMANTO LIOFILIZADO



Fuente : Elaboración Propia

4.5 Análisis y procesamiento de datos

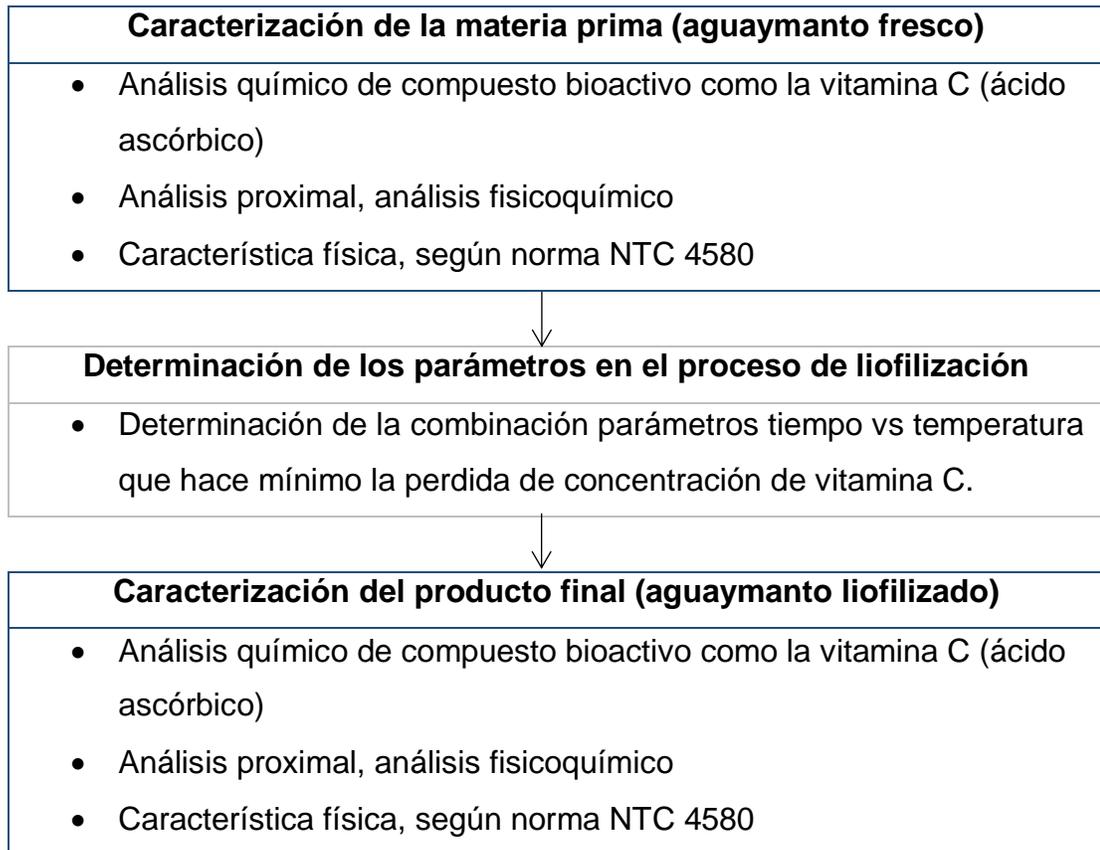
4.5.1. Plan de trabajo de campo

Para caracterizar la materia prima: Aguaymanto (Physalis peruviana L.)

Ver Figura N° 4.3 pag. N° 51

FIGURA N° 4.3

PLAN DE TRABAJO DE CAMPO



Fuente : Elaboración Propia

FIGURA N° 4.4

MATERIA PRIMA (aguaymanto)



Fuente : Elaboración propia

4.5.2. Liofilización del aguaymanto

Se seguirá el flujo de operaciones, de acuerdo con los siguientes pasos:

- a) Recepción.-** Los Aguaymantos se reciben en jabs se verifica el estado de madurez de la fruta y se pesa en una balanza.
- b) Selección.-** En esta etapa se elimina y se selecciona los aguaymantos deteriorados que no es apto para el proceso.
- c) Pesado.-** Los Aguaymantos son pesado, ya sin merma y debe estar en buen estado apta para ser procesada.
- d) Lavado.-** Las frutas son lavados en tinas con agua potable.
- e) Desinfectado.-** Los aguaymantos son desinfectadas sumergiéndola en tinas de acero con una solución de agua con hipoclorito de sodio (2% – 5%) por 10 minutos, con el objetivo de disminuir la carga microbiana. Para preparar una solución de 50 ppm CLR (cloro libre residual) se disuelven 200 ml de lejía comercial (que tiene 5% – 5,2% cloro) en 200 L de agua.
- f) Acondicionado.-** En esta etapa se coloca los aguaymantos en las bandejas del liofilizado.

g) Liofilizado: Este procedimiento se realiza con el equipo de liofilización para poner los datos adecuados en la bandeja del programa que funciona con el equipo ya que este está controlado con un software Opti Dry 2015.1.

Es este procedimiento se realiza con el congelado, sublimado y secado mediante el control de la temperatura, tiempo y presión para poder mantener las propiedades del aguaymanto tanto como la vitamina C y sus propiedades fisicoquímicas de dicho producto.

1) Congelación.- Se empleó 2000 g de aguaymanto seleccionado y lavado con temperatura inicial 20,5°C llegando a – 40°C de congelación manteniéndose esta constante. La congelación se realizó en el congelador del liofilizador a una presión de 100 mTorr.

2) Sublimación.- La etapa de sublimación se alcanzó a una temperatura de 35°C con un vacío a presión 100 mtorr. En la bandeja de liofilizador, se colocaron sensores alámbricos de temperatura “DATA TRECE” con el propósito de conocer el perfil de temperatura en el aguaymanto. Las variables de operación para la liofilización de la pulpa se muestran en el anexo 06

h) Envasado.- El envasado se debe de realizar con un dosificador, o con peso del tamaño del envase requerido sea de 30 g a 100 g (dependiendo de la presentación del cliente)

1) Se recomienda que se envase en polietileno laminado.

2) Tener en cuenta el sellado de los envases

i) Almacenado.- El producto envasado debe ser almacenar para conservar su calidad en un lugar limpio fresco seco como en la **Figura N° 4.5 (Ver pag. N° 54)**

FIGURA N° 4.5

AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) LIOFILIZADO



Fuente : Elaboración propia

4.5.3. Determinación de vitamina C

Metodología para cuantificar el ácido ascórbico

- a) Método.-** Determinación de Ácido Ascórbico por método de titulación (AOAC, 967.21)
- b) Fundamento.-** Valoración del 2,6–dicloroindofenol. Se prepara una solución estándar de ácido ascórbico (1 mg/mL) Transferir alícuota de 2 mL a matraz Erlenmeyer, agregando 5 mL de solución ácido metafosfórico-ácido acético (solución extractora). Titular rápidamente con 2,6–dicloroindofenol en una bureta de 50 mL, hasta que se observe la aparición de un tono rosa ligero. Titular un blanco compuesto por 7 mL de la solución extractora más el volumen gastado en la titulación del estándar en agua, y titular con 2,6–docloroindofenol, hasta el tono rosa. Todo esto se hace por triplicado. El valor obtenido del estándar se resta el del blanco,

y la concentración de indofenol se expresa como mg de ácido ascórbico equivalentes a 1 ml de indofenol.

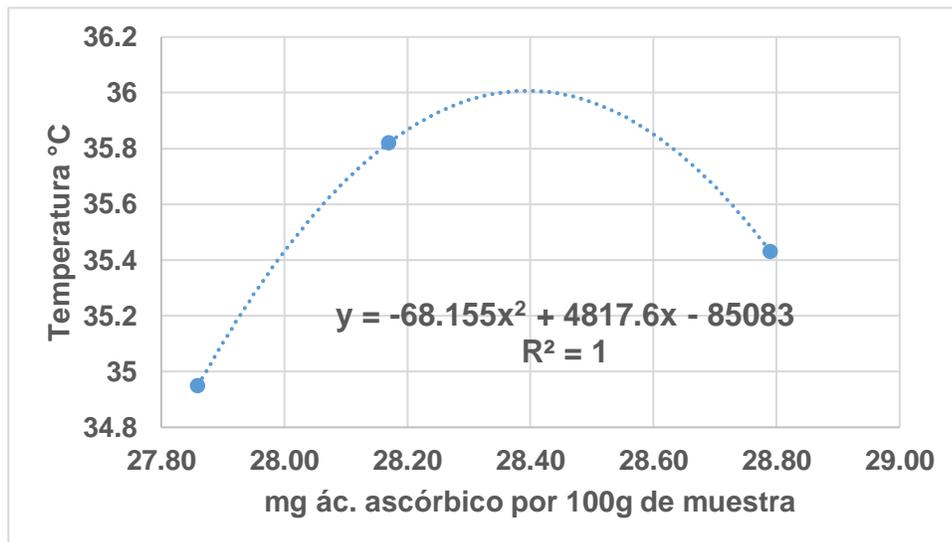
Determinación del contenido de ácido ascórbico en la muestra. Adicionar a la muestra su misma cantidad en solución extractora y mezclar bien. Se filtra con un embudo y papel filtro para café tipo cesta, marca Melita, modelo PAB – 100P Se toma una alícuota de 2 mL del filtrado más 5 ml de ácido metafosfórico – cetico en un matraz Erlenmeyer, y se titula con el indofenol hasta el vire rosa. Realizar por triplicado. El volumen registrado de titulación se le resta el gastado en el blanco. Se determina el ácido ascórbico.

c) Cálculos.-

$$\text{mg. de ác. ascórbico} = \frac{\text{Volumen titulación muestra}}{\text{Volumen titulación estándar}}$$

GRÁFICO N° 4.1

CURVA DE CALIBRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO



Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.1

4.5.4. Análisis fisicoquímico del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) fresco y liofilizado

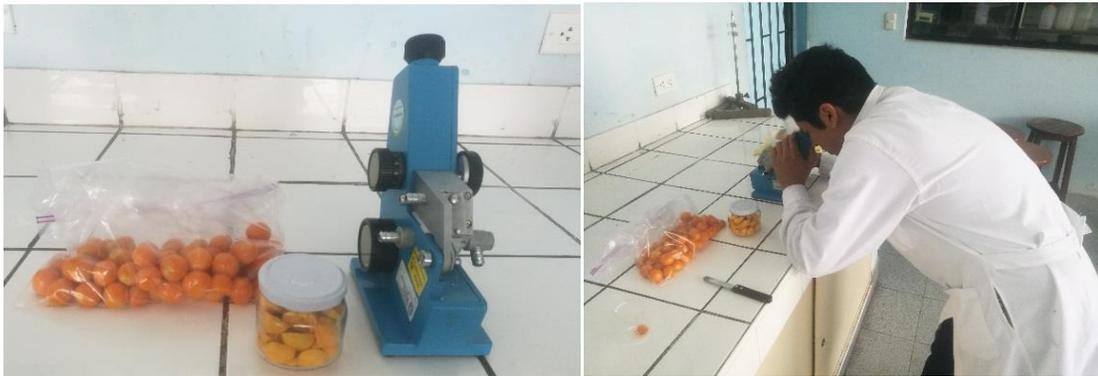
Sólidos solubles totales

- a) Método.-** Según método oficial AOAC 932.12 (1994), refractométrico de lectura directa y expresado en °Brix
- b) Fundamento.-** La detección del contenido de sólidos solubles se efectúa por refractometría. Es el porcentaje en masa de sacarosa de una solución acuosa de sacarosa que, en determinadas condiciones, tiene el mismo índice de refracción que el producto analizado. El contenido en sólidos solubles del producto se expresa en gramos por 100 g. En el índice de refracción del producto influye la presencia de otros materiales solubles como ácidos orgánicos, minerales, aminoácidos, etc. Debido al alto contenido en ácidos de los jugos y de los concentrados de cítricos, es necesaria una corrección del valor del grado Brix.
- c) Procedimiento.-** El refractómetro debe calibrarse siguiendo las instrucciones del fabricante. Los valores correspondientes a los sólidos solubles de la muestra se miden normalmente a $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Antes de cada medida o de cada calibración, se limpia con agua la superficie del cristal del refractómetro y se seca con papel filtro el agua que queda adherida
- 1) Se coloca una pequeña cantidad del jugo de aguaymanto sobre el prisma inferior del refractómetro.
 - 2) Se comprueba que la muestra cubre de manera uniforme la superficie del cristal cuando los prismas quedan unidos.
 - 3) Se espera que la muestra alcance el equilibrio térmico (30 segundos aproximadamente) y se hace la medida siguiendo las instrucciones del aparato. Es importante que durante la medida la temperatura se mantenga constante.

- 4) Se lee directamente el porcentaje de contenido en sacarosa con aproximación del 0,1% Se deben hacer al menos dos determinaciones de la misma muestra.

FIGURA N° 4.6

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES



Fuente : Laboratorio de química de alimentos FIQ – UNAC

Potencial de Hidrogeno (pH)

- a) **Método.**- Según método AOAC 981.12 (2005), mediante potenciómetro
- b) **Fundamento.**- El valor de pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una muestra y es medido con la ayuda del potenciómetro.
- c) **Procedimiento:**
 - 1) Metodología descrita por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, 2005. Método AOAC 981.12, por triplicado.
 - 2) El potenciómetro fue calibrado inicialmente a través de soluciones de patrón padrones pH 4,01 a 7,00 en un pH-metro digital Hanna.
 - 3) Se extrajo la pulpa de aguaymanto 30 ml en vaso de precipitado de 50 ml.
 - 4) La pulpa previamente homogeneizada se tomó una alícuota de 20 ml y se hizo la lectura de pH directamente,

- 5) La pulpa liofilizada se rehidrató, posteriormente se hizo la lectura. Los análisis se realizaron por triplicado.

FIGURA N° 4.7}

DETERMINACIÓN DEL pH



Fuente : Laboratorio de fisicoquímica FIQ – UNAC

Acidez

- a) Método.-** Según método AOAC 942.15 (2005)
- b) Fundamento.-** El método consiste en determinar la acidez por medio de una titulación ácido – base con una solución de álcali estandarizada, expresando los resultados de la acidez titulable por 100 g o 100 ml, como equivalente en masa de ácido cítrico o málico según corresponda.
- c) Procedimiento.-** Titulación volumétrica; acidez valorable total.
Realizamos :
- 1) En primer lugar, se tomó 10 ml de pulpa de aguaymanto y se aforó a 200 ml con agua destilada.

- 2) De la solución aforada se tomó una alícuota de 10 ml y se adicionó 2 o 3 gotas de fenolftaleína.
- 3) Luego se tituló con la solución de NaOH a 0,1N agitándolo cuidadosamente hasta a un punto final de pH = 8,2 (momento en que ocurre el cambio de color del indicador) Donde se vio el color rosado grosella y se anotó el gasto.
- 4) La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico (ácido con mayor presencia en los cítricos o en aguaymanto).
- 5) En la pulpa liofilizada se rehidrató de acuerdo a la pérdida de agua durante la liofilización. Los análisis se realizaron por triplicado.
- 6) Se siguió los mismos procedimientos para ambas muestras.

d) Cálculos :

$$\%Acidez = \frac{V(NaOH) \times N(NaOH) \times m_{eq\acute{a}cido}}{ml\ de\ muestra\ titulada} \times 100$$

Donde :

(NaOH) : Volumen de gasto de Hidróxido de sodio al 0,1N

(NaOH) : Normalidad de la base (0,1 N)

meq ácido : Mili equivalente del ácido cítrico = 0,064

mL : Cantidad de muestra titulada

Cenizas.- Según método de ensayo FAO Vol 14/7 pág. 228 (1986).

Véase anexo 07

Proteínas.- Según método AOAC 945.15 (2005). Véase anexo 08

Grasa cruda.- Según método de ensayo FAO Food and Nutrition Paper Vol 14/7 pág. 212 (1986) MÉTODO DE SOXHLET. Véase anexo 09

Carbohidratos.- Según método Gavimétrico o propuesta de Munson-Walker (AOAC) Véase anexo 10

FIGURA N° 4.8

DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ



Fuente : Laboratorio de Fisicoquímica FIQ – UNAC

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Caracterización inicial del aguaymanto fresco

En la **Tabla N° 5.1** se muestran los resultados obtenidos en la caracterización inicial tanto la vitamina C, potencial de hidrógeno (pH) y sólidos solubles (°Brix)

TABLA N° 5.1

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) FRESCO

Caracterización del aguaymanto fresco	Repetición	Cantidad	Promedio
Vitamina C (mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra)	R1	28,20	28,17
	R2	27,65	
	R3	28,66	
Sólidos solubles (°Brix)	R1	13,78	14,00
	R2	14,30	
	R3	13,92	
pH	R1	2,80	2,72
	R2	2,70	
	R3	2,65	

Fuente : Elaboración propia

En la **Tabla N° 5.1** se muestran los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado al aguaymanto fresco. Como: acidez, humedad, proteínas totales, carbohidratos, cenizas y grasa cruda.

TABLA N° 5.2**ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)
FRESCO**

Caracterización del aguaymanto	Repetición	Cantidad	Promedio
Acidez (%) por 100 g muestra	R1	1,480	1.45
	R2	1,400	
	R3	1,470	
Humedad (%) por 100 g muestra	R1	83,12	83.77
	R2	83,94	
	R3	84,26	
Proteínas (%) por 100 g muestra	R1	1,480	1.56
	R2	1,520	
	R3	1,680	
Carbohidratos (%) por 100 g muestra	R1	12,97	13.48
	R2	13,58	
	R3	13,88	
Cenizas (%) por 100 g muestra	R1	0,870	0.89
	R2	0,890	
	R3	0,920	
Grasas (%) por 100 g muestra	R1	0,068	0.07
	R2	0,070	
	R3	0,075	

Fuente : Elaboración propia

5.1.2. Resultados del proceso de liofilización del aguaymanto

En el proceso se empleó el equipo liofilizador marca Millrock Technology serie STELAR 210, de la planta piloto de alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) a temperatura del condensador de -40°C y presión de 100 mtorr.

Una vez que se lavaron los aguaymantos, se las seco y se les retiró los peciolos, fueron cortadas las que presentaban diámetros por encima del promedio, utilizando para el efecto un calibrador, seguido de esto se las colocó en los recipientes de acero inoxidable y se las sometió a congelación a -40°C

durante un tiempo de 90 minutos, para luego pasar a la etapa de sublimación o secado primario, controlando durante la primera hora del proceso de liofilización que no hayan fugas en el vacío, lo que visiblemente se demostraba con la congelación permanente de los aguaymantos. El proceso de liofilización duró : 1 010, 990 y 735 minutos, tiempo en el cual se logró obtener una humedad de hasta 2,15% en el caso de aguaymantos liofilizados enteros.

TABLA N° 5.3

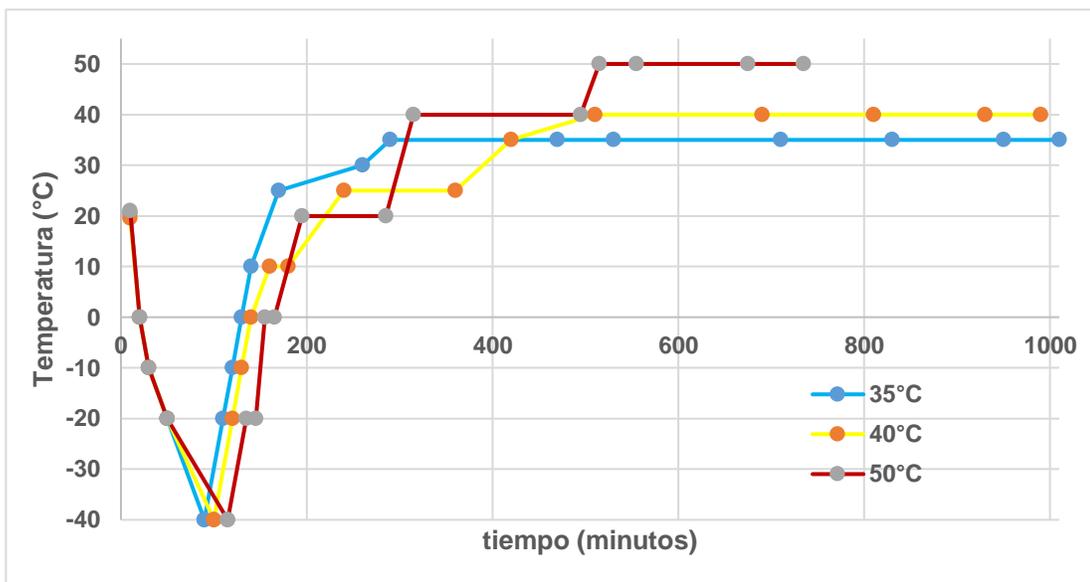
TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA LIOFILIZACIÓN DEL AGUAYMANTO

T = 35°C		T = 40°C		T = 50°C	
Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
20,5	10	10	19.5	10	10
0	10	20	0	10	20
- 10	10	30	- 10	10	30
- 20	20	50	- 20	20	50
- 40	40	100	- 40	50	115
- 40	0	100	- 40	0	115
- 20	20	2,65	- 20	20	135
- 10	10	12,65	- 10	10	145
0	10	22,65	0	10	155
10	10	42,65	10	20	165
25	30	62,65	10	20	195
30	90	122,65	25	60	285
35	30	242,65	25	120	315
35	180	302,65	35	60	495
35	60	392,65	40	90	515
35	180	572,65	40	180	555
35	120	692,65	40	120	675
35	120	812,65	40	120	735
35	60	872,65	40		

Fuente : Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.1

CURVA DE LA LIOFILIZACIÓN DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)



Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.3

5.1.3. Resultados de la cuantificación de la vitamina C en el aguaymanto liofilizado.

En la siguiente **Tabla N° 5.4 (Ver pag. N° 59)** se muestran los resultados obtenidos en la caracterización del aguaymanto después del proceso de liofilización con las tres temperaturas de secado establecidas (35°C, 40°C y 50°C), tanto la vitamina C, pH y sólidos solubles (°Brix). Para luego realizar una comparación con respecto a los datos de la cuantificación del aguaymanto fresco.

TABLA N° 5.4

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) LIOFILIZADO

Caracterización del aguaymanto	Repetición	Temperatura de liofilización	Cantidad
Vitamina C (mg de ac. Ascórbico por 100 gr de muestra)	R1	40°C	34,95
	R2	35°C	35,82
	R3	50°C	34,63
Sólidos solubles (°Brix)	R1	40°C	17,40
	R2	35°C	18,00
	R3	50°C	17,80
pH	R1	40°C	2,60
	R2	35°C	2,53
	R3	50°C	2,52

Fuente : Elaboración propia

En la siguiente **Tabla N° 5.5** se muestran los resultados obtenidos en la determinación de sus propiedades fisicoquímicas del aguaymanto después del proceso de liofilización con las tres temperaturas de secado establecidas (35°C, 40°C y 50°C), estos expresado en porcentaje por cada 100 g de muestra, tanto la acidez, humedad, proteínas, carbohidratos, cenizas y grasas.

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Resultados y discusión de la determinación de las propiedades fisicoquímicos en el aguaymanto fresco y liofilizado

A continuación, se muestran los resultados del análisis proximal del aguaymanto liofilizado en las tres temperaturas de secado y comparados con los resultados del análisis proximal realizado al fruto fresco (**Ver Tabla N° 5.6 pag. N° 60**)

TABLA N° 5.5

PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) FRESCO Y LIOFILIZADO

Caracterización del aguaymanto	Repetición	Temperatura de liofilización	Cantidad
Acidez (%) por 100 g muestra	R1	40°C	6,07
	R2	35°C	6,10
	R3	50°C	6,05
Humedad (%) por 100 g muestra	R1	40°C	2,10
	R2	35°C	2,28
	R3	50°C	2,07
Proteínas (%) por 100 g muestra	R1	40°C	5,99
	R2	35°C	6,25
	R3	50°C	5,96
Carbohidratos (%) por 100 g muestra	R1	40°C	84,14
	R2	35°C	84,65
	R3	50°C	84,26
Cenizas (%) por 100 g muestra	R1	40°C	3,60
	R2	35°C	3,57
	R3	50°C	3,62
Grasas (%) por 100 g muestra	R1	40°C	2,96
	R2	35°C	3,25
	R3	50°C	3,14

Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 5.6

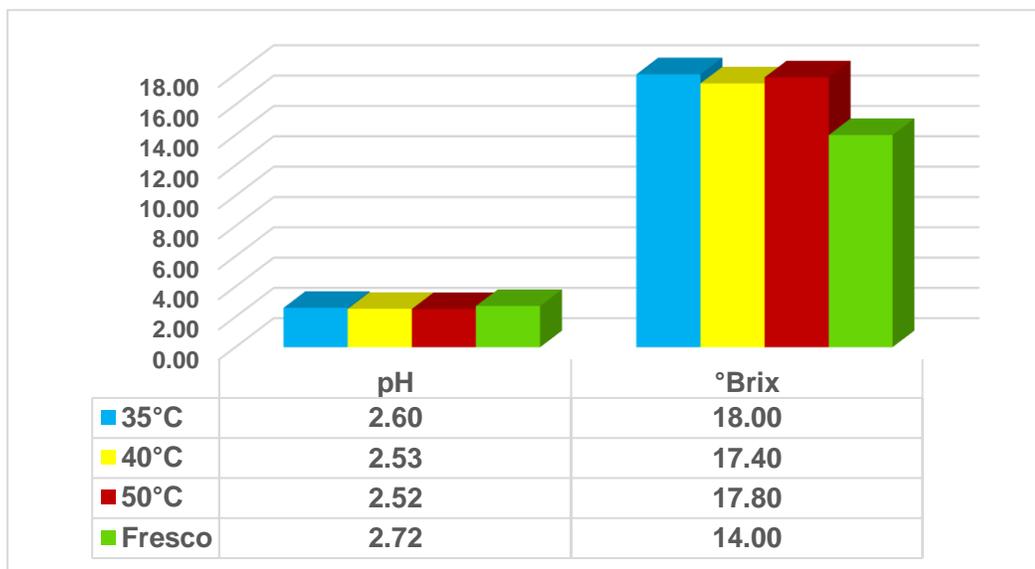
ANÁLISIS DE pH Y SÓLIDOS SOLUBLES EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) FRESCO Y LIOFILIZADO

Temperatura de Liofilización	pH	°Brix
35°C	2,60	18,00
40°C	2,53	17,40
50°C	2,52	17,80
Media	2,55	17,73
Desviación estándar	0,04	0,31
Fresco	2,72	14,00

Fuente : Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.2

SÓLIDOS SOLUBLES Y pH EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) FRESCO Y LIOFILIZADO



Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.6

En la **Tabla 5.7 (Ver pag. N° 62)** se aprecia contenido de sólidos solubles (°Brix) en el aguaymanto fresco y en el liofilizado, los sólidos solubles en aguaymanto liofilizado fueron de 18, 17,4 y 17,8°Brix en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son ligeramente mayores respecto a los 14 °Brix del aguaymanto fresco.

También se puede apreciar el pH en el aguaymanto liofilizado son : 2,60, 2,53 y 2,52 en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son ligeramente menores a los del pH = 2,72 del aguaymanto fresco.

TABLA N° 5.7

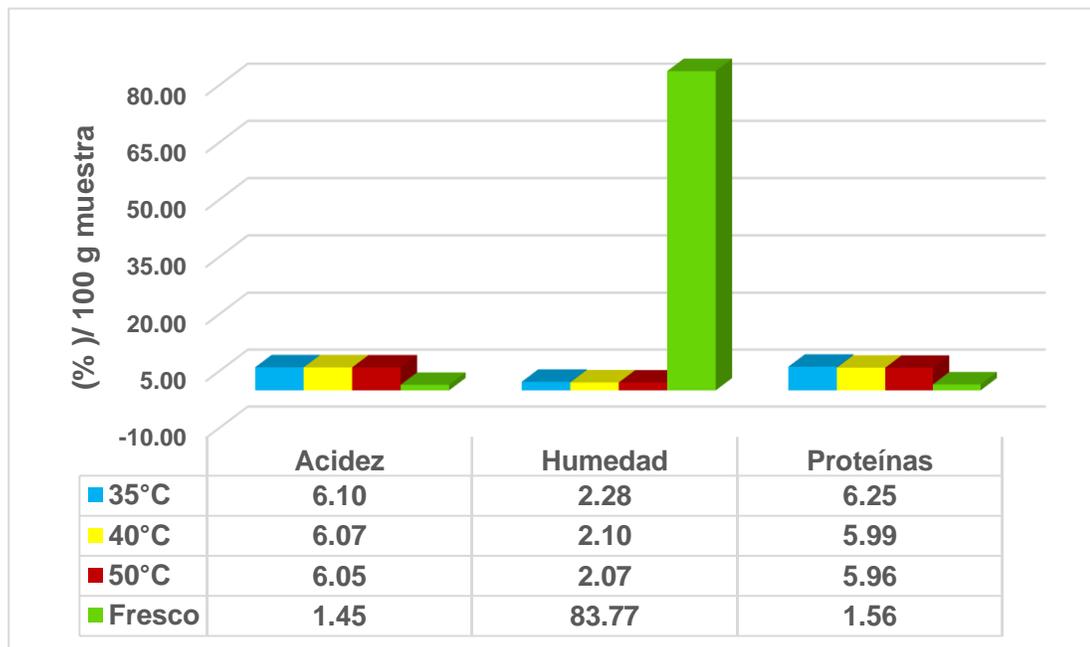
ANÁLISIS DE ACIDEZ, HUMEDAD Y PROTEÍNAS EN EL AGUAYMANTO (Physalis peruviana L.) FRESCO Y LIOFILIZADO

Temperatura	Acidez	Humedad	Proteínas
35°C	6,10	2,28	6,25
40°C	6,07	2,10	5,99
50°C	6,05	2,07	5,96
Media	6,07	2,15	6,07
Desviación estándar	0,03	0,11	0,16
Fresco	1,45	83,77	1,56

Fuente : Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.3

ACIDEZ, HUMEDAD Y PROTEÍNAS EN EL AGUAYMANTO (Physalis peruviana L.) FRESCO Y LIOFILIZADO



Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.7

En la **Tabla N° 5.7 (Ver pag. N° 62)** se aprecia contenido de acidez, humedad y proteínas presente en 100 g de muestra en el aguaymanto fresco y en el liofilizado, el porcentaje de acidez en aguaymanto liofilizado es 6,10%; 6,07% y 6,05% en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son mayores respecto al 1,45 % del aguaymanto fresco.

También se puede apreciar el porcentaje de humedad en el aguaymanto liofilizado que son : 2,28%, 2,10% y 2,07% en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son muy inferiores a los 83,77% del aguaymanto fresco.

Por último, también se ve el porcentaje de proteínas presente en el aguaymanto liofilizado y son : 6,25%; 5,99% y 5,96% en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son mayores respecto al 1,56% del aguaymanto fresco.

TABLA N° 5.8

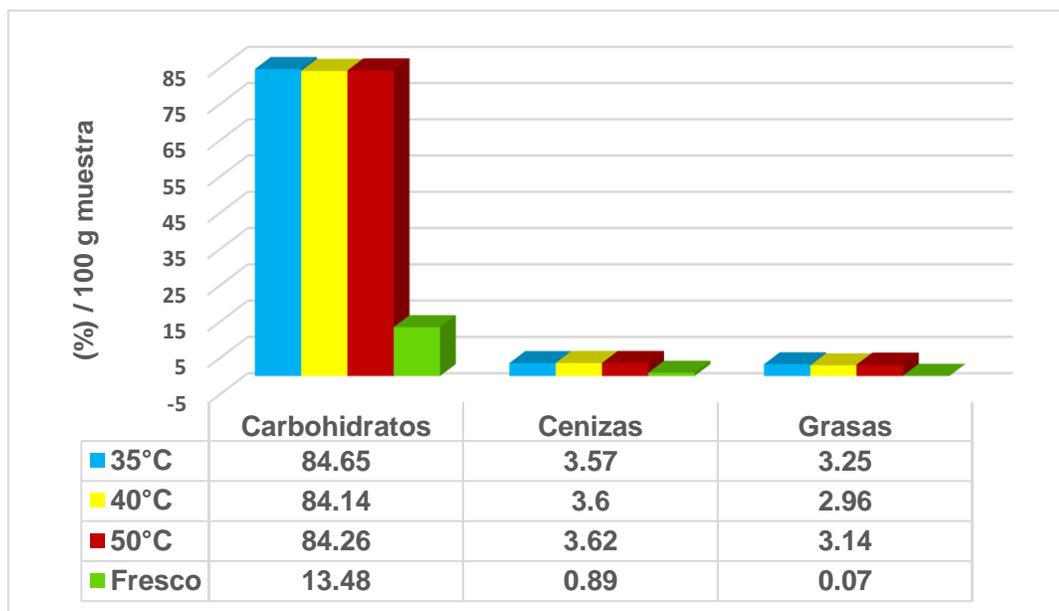
ANÁLISIS DE CARBOHIDRATOS, CENIZAS Y GRASAS EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) FRESCO Y LIOFILIZADO

Temperatura	Carbohidratos	Cenizas	Grasas
35°C	84,65	3,57	3,25
40°C	84,14	3,60	2,96
50°C	84,26	3,62	3,14
Media	84,35	3,60	3,12
Desviación estándar	0,27	0,03	0,15
Fresco	13,48	0,89	0,07

Fuente : Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.4

**CARBOHIDRATOS, CENIZAS Y GRASAS EN EL AGUAYMANTO
(Physalis peruviana L.) FRESCO Y LIOFILIZADO**



Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.8

En la **Tabla N° 5.8 (Ver pag. N° 63)** se aprecia el porcentaje contenido de carbohidratos, cenizas y grasas presente en 100 g de muestra en el aguaymanto fresco y en el liofilizado, el porcentaje de carbohidratos en el aguaymanto liofilizado es 84,65%; 84,14% y 84,26% en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son muy elevados respecto al 13,48% del aguaymanto fresco.

También se aprecia el porcentaje de cenizas en el aguaymanto liofilizado que son : 3,57%; 3,60% y 3,62% en las temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son elevados respecto a los 0,89% del aguaymanto fresco.

Por último, también se ve el porcentaje de grasas presente en el aguaymanto liofilizado y son : 3,25%; 2,96% y 3,14% en las temperaturas de

secado de 35°C, 40°C y 50°C respectivamente, los cuales son mayores respecto al 0,07% del aguaymanto fresco.

5.2.2. **Ácido ascórbico en aguaymanto fresco y liofilizado (mg de ácido ascórbico / 100 g de muestra)**

A continuación, se reportan los resultados de cuantificación del ácido ascórbico en el aguaymanto fresco y liofilizado. Los valores fueron calculados en base al mismo producto fresco que luego será liofilizado para así poder evidenciar el porcentaje de variación después del proceso de liofilización para luego realizar comparaciones.

TABLA N° 5.9
CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C EN EL AGUAYMANTO (Physalis peruviana L.) LIOFILIZADO

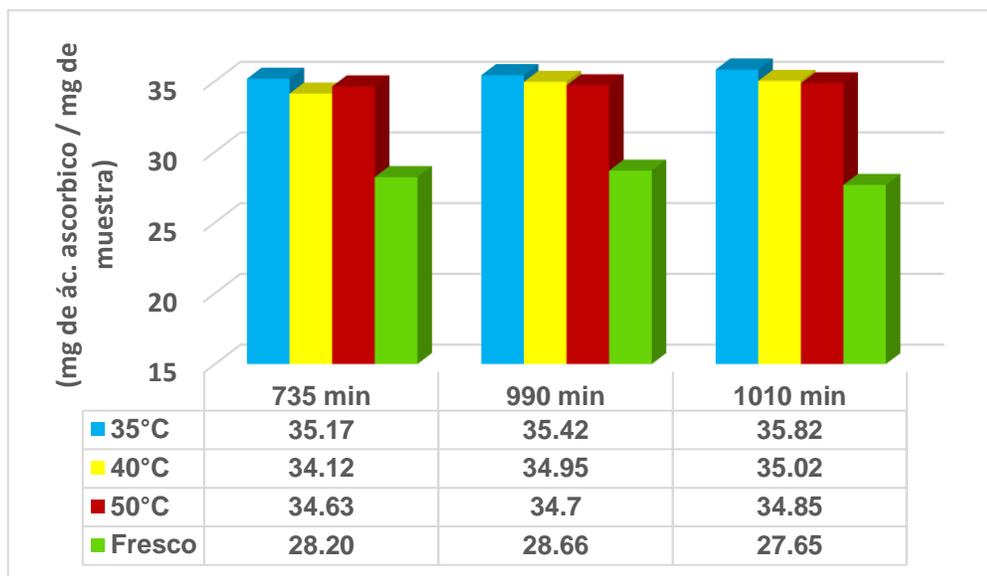
Temperatura/Tiempo	735 min	990 min	1010 min	Media	Desviación estándar
35°C	35.17	35.42	35.82	35.47	0.32787
40°C	34.12	34.95	35.02	34.70	0.50063
50°C	34.63	34.7	34.85	34.73	0.11240
Fresco	28.20	28.66	27.65	28.17	0.50567

Fuente : Elaboración propia

Según la **Tabla N° 5.9**, la concentración de vitamina C (mg de ácido ascórbico por 100 mg de muestra) vs tiempo (minutos) obtenemos que en el tiempo de 735 minutos se observa que a la temperatura de 35°C se obtiene una mayor concentración de vitamina C que fue de 35.17 mg de ac. Ascórbico por 100 g de aguaymanto liofilizado, con respecto a la concentración del fresco que fue de 28.20 mg de ac. Ascórbico por 100 g de aguaymanto fresco.

GRÁFICO N° 5.5

VITAMINA C EN EL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) FRESCO Y LIOFILIZADO



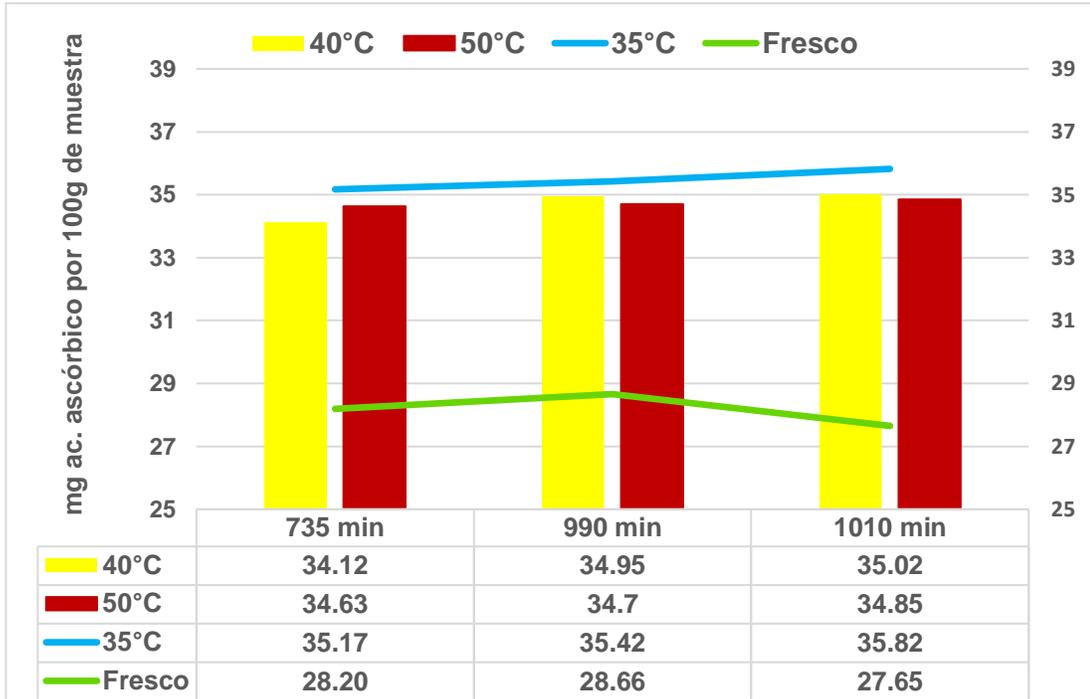
Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.9

En el tiempo de 990 minutos se observa que a la temperatura de 35°C se obtiene una mayor concentración de vitamina C que fue de 35,42 mg de ac. Ascórbico por 100 g de aguaymanto liofilizado, con respecto a la concentración del fresco que fue de 28,66 mg de ac. Ascórbico por 100 g de aguaymanto fresco.

En el tiempo de 1 010 minutos se observa que a la temperatura de 35°C se obtiene una mayor concentración de vitamina C que fue de 35,82 mg de ac. Ascórbico por 100 g de aguaymanto liofilizado, con respecto a la concentración del fresco que fue de 27,65 mg de ac. Ascórbico por 100 g de aguaymanto fresco, siendo este último tiempo de liofilizado el que mayor cantidad de vitamina C se obtuvo.

GRÁFICO N° 5.6

COMPARACIÓN DE LA VITAMINA C EN EL AGUAYMANTO (Physalis peruviana L)



Fuente : Datos tomados de la tabla N° 5.9

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de la hipótesis

6.1.1. Hipótesis general

En el **Gráfico N° 5.6 Ver pag. N° 67**) se deduce que durante el proceso de liofilización del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) para obtener la mayor concentración de vitamina C respecto al aguaymanto fresco que tuvo un promedio de 28,17 mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra, se observó que a una temperatura de secado de 35°C y un tiempo de 1 010 minutos se obtuvo una mayor concentración de vitamina C el cual fue de 35,05 mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra respecto a las temperaturas de 40°C y 50°C y tiempos de 990 y 735 minutos respectivamente.

6.1.2. Hipótesis específicas

- a)** En la **Tabla N° 5.9 (Ver pag. N° 65)** se observa que la concentración de vitamina C en el aguaymanto fresco se calculó al inicio de cada proceso de liofilización y se obtuvieron los siguientes : 28,20; 28,66 y 27,65 mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra, los cuales se usó como referencia para comparar las concentraciones obtenidas posteriores a la liofilización realizada a temperaturas de secado de 35°C, 40°C y 50°C y se obtuvo como promedio las concentraciones de vitamina C de 35,47; 34,70 y 34,73 respectivamente.
- b)** En el **Gráfico N° 5.6 Ver pag. N° 67**) se observa que a la temperatura de 35°C y tiempo de 1010 minutos para la liofilización se obtuvo la mayor concentración de vitamina C con respecto a la concentración de vitamina C del fresco.
- c)** En la **Tabla N° 5.9 (Ver pag. N° 65)** se observa que la mayor concentración de vitamina C en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) después de la liofilización se obtuvo en el proceso que tuvo como temperatura de congelación igual a – 40°C y temperatura de secado de 35°C en un tiempo de 1 010 minutos.

6.2. Contrastación de Los resultados con estudios similares

En esta tesis se ha evaluado la concentración de vitamina C presente en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) después de un proceso de secado por liofilización y el efecto de sus parámetros (tiempo y temperatura) en este proceso partiendo de una concentración de vitamina C en el aguaymanto fresco igual a 28,17 mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra y obteniendo una concentración de vitamina C en el aguaymanto liofilizado a temperatura de secado de 35°C igual a 35,47 mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra.

Obteniendo una conservación de vitamina C similar respecto a la concentración de vitamina C de 47,70 mg de ac. Ascórbico por 100 g de muestra realizado en la investigación realizado por Gallo Nunura, M. L. & Cevallos Vera, M. A. (2014) que lleva por título: “Estudio comparativo de la deshidratación del aguaymanto (*Physalis peruvianum*) mediante: atomización y liofilización utilizando agentes encapsulantes en la retención de la vitamina C”

Sin embargo, en nuestro caso se esperó tener una mayor concentración de la vitamina C, esto no ocurrió debido que el tiempo que tomamos debería ser más prolongado, pero no se pudo hacer dicho experimento dado que no se tuvo facilidades en el funcionamiento del equipo.

VII. CONCLUSIONES

- 1) La relación entre la concentración y la estabilidad de la vitamina C, es directamente proporcional pues si la concentración de vitamina C es mayor, se dice que la muestra es estable.
- 2) Uno de los factores importantes en la liofilización son los parámetros de secado, en esta investigación se estandarizó para tener una homogeneidad de todas las muestras trabajándose con una temperatura de congelación de -40°C y una temperatura de secado secundario de 35°C y un tiempo de 1 010 minutos.
- 3) La composición fisicoquímica del fruto de aguaymanto (*physalis peruviana* L.) liofilizado, fue por cada 100 g: humedad $2,28 \pm 0,21$ g, cenizas $3,57 \pm 0,19$ g, grasa $3,25 \pm 0,29$ g, proteína $6,25 \pm 0,26$ g, fibra cruda $17,45 \pm 0,16$ g, carbohidratos $84,65$ g, acidez $8,61 \pm 0,70$ g, caracterizándose por tener un índice de madurez de 3 (color 5 a 6), sólidos solubles $14,73 \pm 0,6$ °Brix y pH $2,56 \pm 0,15$.
- 4) En el proceso de la liofilización sufrieron cambios significativos la humedad, acidez, sólidos solubles y actividad de agua, a excepción el pH respecto al aguaymanto fresco. Esta pérdida es muy importante para considerar a la liofilización como un proceso de conservación en el alimento debido a que inhiben el crecimiento de microorganismos.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1) Realizar la cinética de degradación de la Vitamina C
- 2) Realizar estudios para la caracterización reológica del aguaymanto.
- 3) Realizar el estudio de vida en anaquel del aguaymanto liofilizado.
- 4) Realizar a futuro una investigación estudiando la influencia de la velocidad de congelación y de la velocidad de sublimación de la liofilización sobre el contenido de vitamina C y propiedades fisicoquímicas en el aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).
- 5) Evaluar el efecto del secado por liofilizado a diferente pH de muestra.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRONET. (Marzo de 2014). *Agronet*. Obtenido de www.agronet.gov.co:
<http://agrovvet.gov.co>
- Almajano, M. (2009). *Determinación de la actividad antioxidante de las bayas de goji*. Consorci Escola Industrial Barcelona (CEIB), Barcelona.
- Amores Vizuete, D. D. (2011). Evaluación Nutritiva y Nutracéutica de la Mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por la deshidratación en microondas y secador en bandejas. Riobamba, Ecuador.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos* (Quinta ed.). Mexico: Grupo Herdez S.A.
- Bautista C., M., Reyna M., L., & Bravo A., M. (2014). Obtención de aguaymanto (*Physalis peruviana*) liofilizado. *REVISTA PERUANA DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA*, Vol. 17 (N.º 1), 37-42.
- Briceño, L. (2002). *Análisis de alimentos por instrumentación*. Guía de prácticas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias, Lima.
- Calvay Verastegui, H. L. (2009). *Evaluación de la actividad antioxidante en pulpa concentrada de Camu Camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.Mc Vaugh) en dos estados de madurez en Tingo María*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tingo María.
- Calvo Villega, I. (2009). El Cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana*), manejo Integrado de cultivos, frutales de altura. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, Boletín N° 10*.
- Chire, T., & Dávila, R. (2004). *Determinación de taninos, vitamina C y capacidad antioxidante en diferentes estados de madurez de los frutos*

- de carambola (Averrhoa carambola L.)*. UNALM, Anales Científicos, Lima.
- Contreras Mendoza, X. E. (2015). *Influencia de la temperatura de secado en la degradación térmica del ácido ascórbico en el Aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Huancayo.
- Donsi, G., Ferrari, G., & Di Mateo, P. (2001). Utilization of Combined Processes in Freeze-Drying of Shrimps. *Food and Bioproducts Processing*, 152-159.
- Duran , C. (2007). *Frutas Que Curan*. Bogotá: Grupo Latino Editores Ltd.
- Flink, J. M., & Moledina, K. H. (1982). Freeze drying at high temperatures: product quality and drying characteristics. En A. S. Mujumdar , *Drying'82* (págs. 497-501). London and New York: Elsevier.
- Food & Agricultural Organization of the United Nations. (1986). 14/7 - Manual of Food Quality Control 7 - Food Analysis: General Techniques, Additives, Contaminants, and Composition. En *FAO Food and Nutrition Papers* . Roma, Italia.
- Fortin , C. (1986). Influence de la lyophilisation sur la valeur nutritionnelle des aliments. En C. Fortín, *Industries Agricoles et Alimentaires* (págs. 1017-1019). Marseille.
- Gallo Nunura, M. L., & Cevallos Vera, M. A. (2014). *Estudio comparativo de la deshidratación del aguaymanto (Physalis peruviana L.) mediante atomización y liofilización utilizando agentes encapsulantes en la retención de vitamina C*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Lambayeque, Perú.
- Gómez Hernández, H. E., Parra Rodríguez, F. J., De Santos Avila, J. M., & Frédéric, R. (2003). Modelo computacional para la liofilización de alimentos de geometría finita. *e-Gnosis Vol. 1.*, Art. 11.

- Guerrero, D., Sandoval, C., Coronado, N., Rodriguez, C., & Saavedra, K. (2012). *Diseño de la línea de producción para la obtención y envasado de néctar de aguaymanto*. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Piura.
- Guija, H., Troncoso, L., & Guija, E. (2005). Propiedades prooxidantes del camu camu (*Myrciaria dubia*). *Anales de la Facultad de Medicina UNMSM*, 261-269.
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño experimentos* (Segunda edición ed.). Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Hernández Toledo, C. C. (2013). *Desarrollo de productos tratados por procesos térmicos y no térmicos a partir del fruto Physalis Peruviana Linnaeus*. Universidad de Chile. Santiago de Chile: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
- Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). Gaithersburg: AOAC International.
- Huachuillca Lizarme, D. (2017). *Efecto de Liofilización sobre los Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante en la Pulpa de Aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional José María Arguedas, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Andahuaylas. Recuperado el Mayo de 2018, de <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/123456789/263>
- Incontec Internacional. (1999). Tecnología de Alimentos. *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4580*, 7-8.
- Madriñan Palomino, C. (2010). *Caracterización morfológica de accesiones de Physalis peruviana L. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira*. Universidad Nacional de Colombia, COORDINACION GENERAL DE POSTGRADOS, Palmira.

- Madriñan Palomino, C. E. (2010). *Caracterización morfológica de accesiones de Physalis peruviana L. del banco de germoplasma de la universidad nacional de Colombia sede Palmira*. Tesis para maestría, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. Recuperado el 2018, de <http://bdigital.unal.edu.co/1875/>
- Mercedes Cedeño, M., & Montenegro, D. M. (2004). Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de estados unidos para fruta expo S.C.I. LTDA. *Tesis de Ingeniería Industrial*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería.
- Mohamad Shofian, N., Hamid, A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Sabri Pak Dek, M., & Hairuddin, M. R. (2011). Effect of Freeze-Drying on the Antioxidant Compounds and Antioxidant Activity of Selected Tropical Fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 4678-4692.
- National Research Council. (1989). Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. *Lost Crops of the Incas*.
- Núñez Abarca, D. (2008). *Optimización del proceso de elaboración de pulpa de babaco (Carica pentagona), con incorporación de su corteza y maximizando la retención de ácido ascórbico*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias, Loja.
- Orrego Alzate, C. E. (2008). *Congelación y Liofilización de los Alimentos* (Primera ed.). Manizales, Colombia: Artes Gráficas Tizán Ltda. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>
- Osborne, D., & Voogt, P. (1986). *Análisis de los nutrientes de los alimentos*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Pérez Eusebio, L. J., & Willis Zoeger, V. L. (2015). *Proyecto de inversión para la instalación de una planta procesadora de Aguaymanto deshidratado*

en la provincia de Celendín para la exportación al mercado de New York, EE.UU. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

- Ramírez Navas, J. S. (2006). Liofilización de alimentos. *Revista ReCiTeIA*, 19. Recuperado el Mayo de 2018, de <https://es.calameo.com/read/00043365419cd1f250c9c>
- Ramos, Z., García, L., Pinedo, M., & Souza, R. (2002). Evaluación de factores de procesamiento de pulpa de *Myrciaria Dubia* H.B.K. (camu camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 89-99.
- Rey, L. (1975). Some basic facts about freeze-drying. En L. reRey, *Freeze drying and advanced technology* (pág. 730). London: In S.A. Goldblith (Ed.).
- Rock, C., Jacob, R., & Bowen, P. (1996). Update on the biological characteristics of the antioxidant micronutrients: vitamin C, vitamin E, and the carotenoids. En C. Rock, R. Jacob, & P. Bowen. Bethesda, Maryland: Journal of the American Dietetic Association.
- Sharma, S. K., Mulvaney, S. J., & Rizvi, S. S. (2003). *Ingeniería de alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio* (Primera ed.). Mexico D.F.: Limusa, S.A.
- Surco Laos, F., Tipiana, R., Torres, Y., Valle, M., & Panay, J. (2017). EFECTOS DE LIOFILIZACIÓN SOBRE COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN PULPA DE CUATRO VARIEDADES DE *Mangifera indica*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(4), 412-419.
- Torres, C., Fisher, G., & Miranda, D. (2013). Principales fisiopatías del cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). En C. Torres, G. Fisher, & D. Miranda, *Problemas de campo asociados al cultivo de uchuva (Physalis*

- peruviana* L.) (págs. 138-146). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas Muñoz, D. P. (2015). Efecto de la liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en polvo. *Universidad Nacional de Colombia sede Palmira*, 173.
- Villarroel Diaz, G. J. (2008). *Evaluación de la actividad antioxidante de la guinda (Prunus capuli)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Huancayo.
- Viteri, P. (2009). *Parámetros en liofilización*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.
- Wikipedia. (20 de Octubre de 2018). *Wikipedia*. Obtenido de [www.es.wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Physalis_peruviana](https://es.wikipedia.org/wiki/Physalis_peruviana)
- Zavala, L. (2010). *El camu camu. Boletín Nutricional*. Fundación Universitaria Iberoamericana FUNIBER, Área de Salud y Nutrición, Barcelona.

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

SECADO POR LIOFILIZACIÓN DEL AGUAYMANTO (<i>Physalis peruviana</i> L.) Y EL EFECTO DE SUS PARAMETROS EN LA VITAMINA C						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	MÉTODO
¿Qué efecto ocasiona la liofilización sobre el contenido de vitamina C en el aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.)?	Determinar el contenido de vitamina C presente en el aguaymanto mediante el secado por liofilización.	El secado del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) mediante un proceso de liofilización para mantener la mayor concentración de vitamina C, será una dependencia de la temperatura y tiempo.	Y1 = Efecto del secado en el aguaymanto mediante el proceso de liofilización.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Presión • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Celsius (°C) • MTorr • Minutos 	*Análisis estadístico
SUB PROBLEMAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	MÉTODO
a) ¿Cuál es la cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco?	a) Cuantificar la cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco.	a) La cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco, nos indicará un nivel de referencia con el cual será factible comparar con la cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.	X1 = Cantidad de vitamina C en el aguaymanto fresco.	• Cantidad de vitamina C	• Gramos de vitamina C /100g producto	• A.O.A.C. 985.33
b) ¿Cuáles son los parámetros de operación para el secado de aguaymanto por la liofilización?	b) Determinar los parámetros de operación para el secado de aguaymanto por la liofilización.	b) Bajo el control de una menor temperatura y mayor tiempo se mejora el rendimiento del secado, empleando la liofilización	X2 = Efecto de sus parámetros en el secado por liofilización.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Celsius (°C) • Minutos 	• Equipo liofilizador – tellar milrock (Opti Dry 2015.1)
c) ¿Cuál es la cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado?	c) Cuantificar la cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.	c) La mayor cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado se logrará bajo las temperaturas de: - 40°C y 35°C	X3 = Cantidad de vitamina C en el aguaymanto liofilizado.	• Cantidad de vitamina C	• Gramos de vitamina C/100 g producto	• A.O.A.C. 985.33

ANEXO 02

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4580 (INCONTEC INTERNACIONAL 1999)

Estado	Externo del fruto	°Brix mínimo	% de ácido cítrico	Índice de madurez °brix/ % acido
cero	Fisiológicamente desarrollado, color verde oscuro	9,4	2,69	3,5
Uno	Color verde de poco más claro	11,4	2,70	4,2
Dos	Color verde se manifiesta en las zonas cercanas al caliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas	13,2		5,2
Tres	Color anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz	14,1	2,34	6,0
Cuatro	Color anaranjado claro	14,5	2,03	7,1
Cinco	Color anaranjado	14,8	1,83	8,1
Seis	Color anaranjado intenso	15,1	1,68	9,0

Fuente : (Incontec Internacional, 1999)

ANEXO 03

EQUIPOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN



Liofilizador de laboratorio STELLAR



Balanza analítica Boeco BBI-31



Refractómetro tipo ABBE R-12



Estufa modelo 57LT-ED56

ANEXO 04

OBTENCIÓN DEL AGUAYMANTO LIOFILIZADO



Selección de la materia prima



Lavado y desinfección

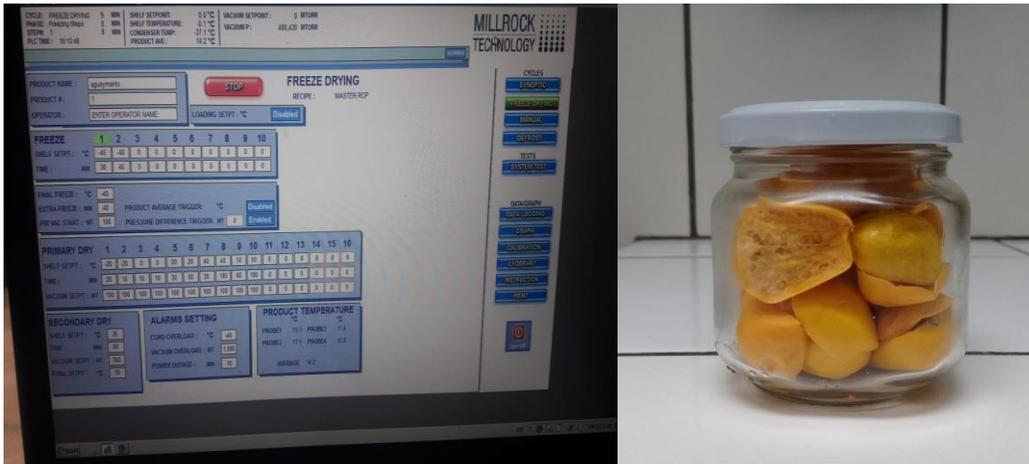




Llevamos las bandejas con el aguaymanto para iniciar el proceso de liofilizado



Acondicionar el aguaymanto en el liofilizador y colocamos sus sensores de temperatura



Insertamos los parámetros para iniciar el proceso y así obtener el Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) liofilizado

ANEXO 05

RELACIÓN DE TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN DEL AGUAYMANTO

T = 35°C		T = 40°C		T = 50°C	
Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
20,5	10	10	19,5	10	10
0	10	20	0	10	20
- 10	10	30	- 10	10	30
- 20	20	50	- 20	20	50
- 40	40	100	- 40	50	115
- 40	0	100	- 40	0	115
- 20	20	2,65	- 20	20	135
- 10	10	12,65	- 10	10	145
0	10	22,65	0	10	155
10	10	42,65	10	20	165
25	30	62,65	10	20	195
30	90	122,65	25	60	285
35	30	242,65	25	120	315
35	180	302,65	35	60	495
35	60	392,65	40	90	515
35	180	572,65	40	180	555
35	120	692,65	40	120	675
35	120	812,65	40	120	735
35	60	872,65	40		

Fuente : Elaboración propia

ANEXO 06

VARIABLES DE OPERACIÓN PARA LA LIOFILIZACIÓN DEL AGUAYMANTO

Variables controladas	Valor
Presión de vacío	100 mTorr
Temperatura del condensador	- 85°C
Temperatura del equipo	35°C
Peso de la muestra	2 000 g
Temperatura de la muestra antes de congelar	19,5°C; 20,5°C y 22,5°C
Temperatura inicial de congelación del aguaymanto	0°C
Diámetro de las bandejas	40 cm x 30 cm
Espesor de las bandejas	2,5 cm
Sólidos solubles de la muestra (°Brix)	14,73 °Brix
Temperatura de congelación de la muestra	- 40 °C
Temperatura de secado de muestra	35°C, 40°C y 50°C
Tiempo de secado	735, 990 y 1 010 minutos

ANEXO 07

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

- a) Método.-** Según método de ensayo FAO Food and Nutrition Paper Vol 14/7 pág. 228 (1986)
- b) Principio.-** La ceniza de un alimento es el residuo inorgánico que queda después de que el alimento se enciende hasta que está libre de carbono (es decir, después de que la materia orgánica haya sido quemada), generalmente a una temperatura que no exceda el color rojo. La ceniza obtenida no es necesariamente de la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber pérdidas debido a la volatilización o alguna otra interacción entre los constituyentes. La figura de ceniza puede considerarse como una medida general de calidad y, a menudo, es una indicación útil de identidad.
- c) Procedimiento :**
- 1) Pesar 5 g de la muestra en un plato de porcelana antes pesado. Secar a 100° C durante 3 – 4 horas en un horno de convección mecánica.
 - 2) Quitar el plato de porcelana del horno.
 - 3) Hacer una carbonización inicial colocando el plato encima de una llama bunsen. Calentar suavemente hasta que el contenido se vuelva negro (por los azúcares y los productos del azúcar agregan unas gotas de aceite de oliva puro y calientan hasta que cese la hinchazón).
 - 4) Transfiera el plato y el contenido a un horno de mufla y encienda entre 500°C a 600°C hasta que esté libre de carbono (el residuo aparece de color blanco grisáceo - alrededor de 8 horas). Retirar del horno de mufla y humedecer esta primera ceniza con unas gotas de agua. (Esto es para exponer trozos de carbón).

- 5) Vuelva a secar en el horno a 100°C durante 3 – 4 horas y vuelva a cenizas a 500°C – 600°C durante otra hora. Retire del horno de mufla, deje enfriar por un momento, colocar en un desecador hasta que se enfríe, y pesar. Calcular y expresar los resultados como porcentaje de Ceniza.

c) Cálculos :

$$\%C = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Donde :

%C : Contenido de cenizas, en porcentaje de masa

m₁ : Masa de la cápsula vacía, en g

m₂ : Masa de la cápsula con la muestra, en g

m₃ : Masa de la cápsula con las cenizas, en g

DETERMINACIÓN DE % CENIZAS



Fuente : Laboratorio de química de alimentos FIQ–UNAC

ANEXO 08

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

- a) Método.-** Según método AOAC 945.15 (2005)
- b) Principio.-** Sometiendo a un calentamiento y digestión a una muestra de aguaymanto con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO₂ y agua, la proteína se descompone con la formación de amoníaco, el cual interviene en la reacción con ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio, este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoníaco sucede solo en medio básico; luego de la formación de la sal de amonio actúa una base fuerte al 50 % y se desprende el nitrógeno en forma de amoníaco, este amoníaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2.5% y titulado con HCl 0,1 N
- c) Procedimiento :**
- 1) Primeramente, se pesa el papel bond (W_1), luego por adición se pesa un g de aguaymanto y se registra el peso del papel solo y del papel más la muestra (W_2)
 - 2) En este contenido del papel más el aguaymanto se añade 8 gramos de sulfato de sodio más 0,1 g de sulfato cúprico.
 - 3) Todo este contenido se coloca en cada balón al cual se añade 25 ml de H₂SO₄ concentrado.
 - 4) Cada balón con todo este contenido es llevado hasta las hornillas del macro Kjeldahl para su digestión a una temperatura graduada en 2,9 por un tiempo de 45 minutos a partir del momento que se clarifique la digestión

- 5) Luego de ese tiempo son enfriados hasta que se cristalice el contenido de los balones.
- 6) Una vez terminada la fase de digestión se procede a preparar la etapa de destilación para lo cual colocamos en los matraces Erlenmeyer 50 ml de ácido bórico al 2,5% y los colocamos en cada una de las terminales del equipo de destilación.
- 7) En cada balón con la muestra cristalizada se coloca 250 ml de agua destilada más 80 ml de NaOH al 50% añadiendo también tres lentejas de zinc, con todo este contenido son llevados a las hornillas para dar comienzo a la fase de destilación.
- 8) El amoníaco como producto de la destilación es receptado hasta un volumen de 200 ml en cada matraz.
- 9) Se retira los matraces con su contenido, mientras que el residuo que se encuentra en el balón es desechado y se recupera las lentejas de zinc
- 10) Para la fase de titulación se arma el soporte universal con la bureta y el agitador magnético.
- 11) En cada matraz se coloca tres gotas del indicador macro Kjeldahl.
- 12) Las barras de agitación magnética son colocadas en el interior de cada matraz y llevadas sobre el agitador magnético y se carga la bureta con HCl 0,1 N
- 13) Se prende el agitador y se deja caer gota a gota el ácido clorhídrico, hasta obtener un color grisáceo transparente que es el punto final de titulación.
- 14) El número de ml de HCl al 0,1N gastado se registra para el cálculo respectivo.

d) Cálculos :

$$\%P = \frac{1.4 \times f \times V \times N}{m}$$

Donde :

- %P** : Contenido de proteína en porcentaje de masa
- f** : Factor para transformarse el porcentaje N₂ en proteína y que es específico para cada alimento
- V** : Volumen de HCl o H₂SO₄ N/10 empleado para titular la muestra en ml
- N** : Normalidad del HCl

FIGURA DE DETERMINACIÓN DE % PROTEÍNAS



Fuente : Laboratorio de química de alimentos FIQ-UNAC

ANEXO 09

DETERMINACIÓN DE GRASA

a) Método.- Según método de ensayo FAO Food and Nutrition Paper Vol 14/7 pág. 212 (1986) MÉTODO DE SOXHLET

b) Principio.- Se considera grasa al extracto etéreo que se obtiene cuando la muestra es sometida a extracción con éter etílico. El término extracto etéreo se refiere al conjunto de las sustancias extraídas que incluyen, además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenos, las clorofilas y otros pigmentos.

El extractor utilizado en el siguiente método es el Soxhlet. Es un extractor intermitente, muy eficaz, pero tiene la dificultad de usar cantidades considerables de disolvente. El equipo de extracción consiste en tres partes: el refrigerante, el extractor propiamente dicho, que posee un sifón que acciona automáticamente e intermitente y, el recipiente colector, donde se recibe o deposita la grasa.

c) Procedimiento :

- 1) Se pesa 2 g de muestra seca y se coloca en el dedal, luego introducirlo en la cámara de sinfonación.
- 2) En el balón previamente tarado, se adiciona 50 mL de éter etílico o éter de petróleo (se puede usar también hexano) o la cantidad adecuada dependiendo del tamaño del equipo.
- 3) Se embona la cámara de sinfonación al balón.

- 4) Se coloca el condensador con las mangueras sobre la cámara de sinfonación.
- 5) Se enciende la parrilla, controlar la entrada y salida de agua y se extrae por 8 a 12 h
- 6) Al terminar el tiempo, se retira el balón con el solvente más el extracto graso y se destila el solvente.
- 7) El balón con la grasa bruta o cruda se coloca en la estufa por media hora, se enfría en desecador y se pesa.

d) Cálculos :

$$\%G(\%Ex. E) = \frac{P_1 - P}{m} \times 100$$

Donde :

%G : Grasa cruda o bruta en muestra seca expresado en porcentaje en masa

P₁ : Masa del balón más la grasa cruda o bruta extraída en g

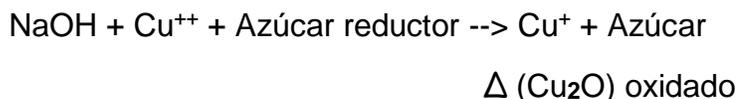
P : Masa del balón de extracción vacío en g

M : Masa de la muestra seca tomada para la determinación en g

Anexo 10. Determinación de carbohidratos

- a) Método.-** Método Gavimétrico o La Propuesta de Munson – Walker, este método corresponde a la cantidad de cobre reducido en presencia de azúcares reductores, en donde el peso de los miligramos de CuO₂ corresponde a los miligramos de azúcares analizados (por medio de las tablas de Munson y Walker que aparecen en el AOAC)

*Para el resultado de la concentración final hay que considerar las diluciones.



La determinación del Cu_2O o puede ser gravimétrica, pero es generalmente mejor titular el óxido cuproso. Esto se puede realizar mediante uno de los siguientes métodos (se llevan mucho tiempo):

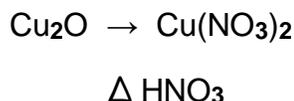
- b) Titulación del permanganato de potasio.**- El Cu_2O reacciona con el ión férrico (Cu^{+++}) el cual es reducido al ión ferroso (Cu^{++}). Posteriormente el ión ferroso es titulado ($+2 \rightarrow +3$) el ión ferroso es titulado ($+2 \rightarrow +3$) con permanganato ($+3$, rosa $\rightarrow +2$, incoloro)



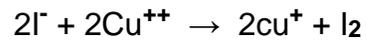
- c) Titulación del permanganato de potasio :**



- d) Titulación del tiosulfato de sodio.**- Se oxida el Cu^+ a Cu^{++} con ácido nítrico. Posteriormente se hierve la muestra para eliminar el exceso de HNO_3

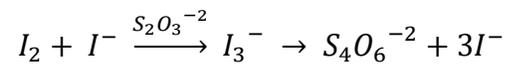


- e) Titulación del tiosulfato de sodio.**- Se añade una cantidad conocida de solución de KI



Titulación del tiosulfato de sodio

Se titula el I_2 liberado con una solución estándar de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).



❖ Se usa almidón como indicador: Azul \rightarrow incoloro