



UNIVERSIDAD  
**SAN IGNACIO  
DE LOYOLA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias**

# **EFFECTO DEL PROCESAMIENTO DE LÁMINAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE AGUAYMANTO (*PHYSALIS PERUVIANA*) EN LA RETENCIÓN DE VITAMINA C**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en  
Industrias Alimentarias**

**MABEL IRENE GARCIA OLORTEGUI  
0000-0002-0125-2424**

**Asesor:  
Dr. Fausto Humberto Cisneros Zevallos  
0000-0001-7816-8928**

**Lima-Perú  
2020**

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS	5
INDICE DE ANEXOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Planteamiento de problema	10
1.2. Problemas	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos	10
1.3. Justificación	11
1.4. Objetivos	11
1.4.1. Objetivo general	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
1.5. Hipótesis	12
1.5.1. Hipótesis general	12
1.5.2. Hipótesis específicas	12
1.6. Antecedentes	13
1.6.1. Antecedentes Internacionales	13
1.6.2. Antecedente Nacional	13
1.6.3. Aguaymanto	15
1.6.4. Vitamina C	24
1.6.5. Actividad de agua	26
1.6.6. Deshidratación	26
1.6.7. Láminas de fruta	27
1.6.8. Escaldado	27
2. MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1. Lugar de ejecución	28
2.2. Materia prima	28

2.3. Equipos, Materiales y Reactivos	28
2.3.1. Equipos e Instrumentos	28
2.3.2. Materiales	29
2.3.3. Reactivos	29
2.4. Flujo y descripción de proceso	30
2.4.1. Diagrama de flujo	30
2.4.2. Descripción del proceso	31
2.5. Diseño experimental	35
2.6. Análisis estadístico	36
2.7. Métodos	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4. CONCLUSIONES	55
5. RECOMENDACIONES	56
6. Referencias	57
7. Anexo	61

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización física del aguaymanto	18
Tabla 2: Composición nutricional de 100g de aguaymanto	20
Tabla 3: Tratamientos y tiempo de secado	36
Tabla 4: Características del fruto del aguaymanto	41
Tabla 5: Porcentaje de retención de la vitamina c y concentración de vitamina c (mg ácido ascórbico/100g muestra) en los diferentes parámetros de procesamiento de láminas deshidratadas de aguaymanto	42
Tabla 6: Efecto de cada parámetro de procesamiento en la retención de vitamina C antes de almacenamiento (cero días)	45
Tabla 7: Contenido de humedad y aW para los 12 tratamientos de láminas deshidratadas a cero días	47
Tabla 8: Efecto de parámetros de procesamiento en contenido de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g muestra) antes y después de almacenamiento (33-34 días)	48
Tabla 9: Porcentaje de retención de vitamina C durante el almacenamiento (33-34 días)	49
Tabla 10: Contenido de vitamina C y actividad de agua de láminas deshidratadas antes de almacenamiento (cero días)	50
Tabla 11: Retención de vitamina C y actividad de agua de láminas deshidratadas después de almacenamiento	51

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de aguaymanto	15
Figura 2. Clasificación de colores del aguaymanto con respecto al estado de madurez	18
Figura 3. Exportación del producto aguaymanto según sus principales mercados en kg en 2017	22
Figura 4. Evolución de las exportaciones del producto aguaymanto según sus principales mercados 2014-2018	22
Figura 5. Exportación del producto aguaymanto según sus principales presentaciones en kg en 2017	23
Figura 6. Evolución de las exportaciones del producto aguaymanto según sus principales presentaciones 2014-2018	23
Figura 7. Estructura química de la vitamina C	24
Figura 8. Diagrama de flujo para elaborar láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto	30
Figura 9. Frutos de aguaymanto sumergidos en solución de cloro	31
Figura 10. Frutos de aguaymanto en etapa de escaldado a vapor	32
Figura 11. Pulpeado con licuadora	33
Figura 12. Pulpeado al vacío con robot coupe	33
Figura 13. Bandeja con pulpa de aguaymanto	34
Figura 14. bandejas colocadas en el secador	35
Figura 15. Relación de contenido de vitamina C y actividad de agua ( $a_w$ ) de los tratamientos a 0 días.	52
Figura 16. Relación de contenido de vitamina C y Actividad de agua ( $a_w$ ) de los tratamientos después de almacenamiento (33 días)	53

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de determinación de vitamina C ejemplo para el tratamiento 1 (T1)	61
Anexo 2. Fotografías de las láminas deshidratadas antes del almacenamiento (0 días) de los 12 tratamientos.	62
Anexo 3. Fotografías de las láminas deshidratadas después del almacenamiento de los doce tratamientos	65

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto del procesamiento de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto en la retención de vitamina C. Se usó un diseño experimental completamente al azar; se incluyó variables independientes como la temperatura de secado, realización de escaldado y atmósfera de pulpeado; y como variable dependiente el contenido de vitamina C. Para determinar el contenido de vitamina C se siguió el método AOAC 967.21 (2005). El análisis estadístico se realizó con el software estadístico Stata a un nivel de significancia de 95%. Según estimación de modelos lineales generalizados, a diferentes temperaturas de secado, el efecto de escaldado fue mayor que el efecto de pulpeado al vacío sobre la retención de vitamina C. Además, a mayor temperatura la retención de vitamina C disminuyó según la prueba de correlación de Spearman ( $Rho=-0.485$ ;  $p=0.003$ ).

Palabras Clave: Escaldado, Vitamina C, Temperatura de secado, Láminas deshidratadas

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the effect of the processing of dehydrated slices of aguaymanto pulp on the retention of vitamin C. A completely randomized experimental design was used; Independent variables such as drying temperature, scalding and pulping atmosphere were included; and as a dependent variable the content of vitamin C. To determine the content of vitamin C, the AOAC 967.21 (2005) method was followed. Statistical analysis was performed with Stata statistical software at a significance level of 95%. According to the estimation of generalized linear models, at different drying temperatures, the blanching effect was greater than the effect of vacuum pulping on the retention of vitamin C. Furthermore, at a higher temperature the retention of vitamin C decreased according to the correlation test Spearman

( $Rho = -0.485$ ;  $p = 0.003$ ).

Key Words: Blanching Vitamin C, Drying temperature, Dehydrated sheets

## INTRODUCCIÓN

El aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) es un fruto originario en los valles andinos del Perú menciona Saavedra (1999). El aguaymanto es muy bueno como fuente de vitamina A, vitamina C, vitamina B. Además, contiene minerales como hierro los que hacen que sea reconocido como un alimento nutritivo. Se consume en diversas formas, por ejemplo, deshidratados los que le permiten ampliar su vida útil, concentra las propiedades nutricionales y le da un valor agregado.

La deshidratación consiste en reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo Singh y Heldman (2009). Para lo cual se utiliza aire caliente como medio desecador.

Si las temperaturas de secado no es la adecuada afecta la calidad del producto modificando el sabor, color, olor. De igual forma disminuye el contenido nutricional de vitaminas, en particular la vitamina C. A la vitamina C no solo le afecta la temperatura, también se degrada con facilidad al estar expuesta en presencia de oxígeno, luz y otros factores Potter y Hotchkiss (2007). Por tal motivo para evitar pérdidas mayores de vitamina C se debe trabajar controlando estos factores, por ejemplo, disminuyendo la presencia de oxígeno, someter la fruta al escaldado para inactivar la enzima (ácido ascórbico oxidasa) que degrada la vitamina C.

El presente trabajo se realizó con el fin de determinar el efecto del procesamiento de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto en la retención de vitamina C.

## 1.1. Planteamiento de problema

El aguaymanto es una baya que contiene propiedades nutricionales muy importantes entre ellos en mayor presencia vitaminas A y C y compuestos bioactivos. Por lo tanto, la vitamina C es un nutriente necesario en la dieta de los seres humanos. Principales fuentes de vitamina C en grandes cantidades son las frutas y verduras.

Este fruto se consume en diferentes presentaciones. Procesan productos derivados a base del aguaymanto sin importar los componentes nutricionales que pueden perder al sufrir diferentes procesos o aplicar diferentes tratamientos, pero no se da un valor agregado fijándose en su composición nutricional.

## 1.2. Problemas

### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del procesamiento de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en la retención de vitamina C?

### 1.2.2. Problemas específicos

¿cuál es el efecto del escaldado en la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto?

¿cuál es el efecto de pulpeado al vacío en la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto?

¿Cuál el efecto de la temperatura de secado en la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto?

### 1.3. Justificación

El aguaymanto es una fruta proveniente de los andes. Esta fruta presenta un alto contenido de vitamina C, 43.30 mg/100 g de alimento Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017). También, cuenta con un importante contenido de hierro de 1.24 mg/100 g de alimento Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017). Además, contiene un alto contenido de antioxidantes. Sin embargo, en la industria alimentaria no se le da mayor valor agregado.

Para alargar el tiempo de vida de un producto alimenticio existen diferentes maneras de conservar, uno de ellos es la deshidratación. Sin embargo, algunas propiedades nutricionales son afectadas y otras se conservan. Uno de los componentes nutricionales que son afectados por la deshidratación de alimentos es la vitamina C, por lo que en la presente investigación se determinó el efecto del procesamiento que maximicen la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto.

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del procesamiento de la producción de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto en la retención de vitamina C.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del escaldado en la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto.

- Determinar el efecto de pulpeado al vacío en la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto.
- Determinar el efecto de la temperatura de secado en la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general

Existen variables que afectan la retención de vitamina C en el procesamiento de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto

### 1.5.2. Hipótesis específicas

El escaldado del fruto afecta la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto

El pulpeado al vacío afecta la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto.

La temperatura de secado afecta la retención de vitamina C en la elaboración de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto.

## 1.6. Antecedentes

Se consideró investigaciones de los últimos 5 años.

### 1.6.1. Antecedentes Internacionales

Daghan et al. (2018) estudiaron el efecto de la temperatura y el método de secado en pimientos rojos (*Capsicum annuum*) y su cinética de degradación de vitamina C. Se evaluaron a diferentes temperaturas de secado, 55, 65 y 70°C y dos condiciones de secado al vacío y aire caliente. Como resultado obtuvieron que las muestras secadas al vacío a 55°C retuvieron la mayor cantidad de vitamina C, mientras que las muestras secadas a aire a 75°C perdieron mayor cantidad de vitamina C. A partir de estos resultados concluyeron que la vitamina C es sensible a la presencia de oxígeno y temperaturas altas.

### 1.6.2. Antecedente Nacional

Huampa (2018) evaluó el escaldado sobre el contenido de vitamina C, carotenoides y capacidad antioxidante en la preparación de pulpa de mango (*Mangifera indica L*) de la variedad Haden, donde fueron sometidos (mangos enteros) por inmersión en agua, a temperaturas de 75°C y 85°C por 5 min, 10 min y 15 min, previo al pulpeado. Luego, se determinó el contenido de vitamina C; carotenoides totales y capacidad de antioxidante. Los resultados demuestran que el contenido de vitamina C presentó una pérdida de 2.27% en tratamientos de 75°C, mientras que en el tratamiento de 85°C por 15 min hubo incremento de 51.13%. En cuanto a los carotenoides el mejor tratamiento es a 75°C por 5 min. La

capacidad antioxidante presentó aumento de 19.66% a 75°C por 10 min. De estos resultados se concluyó, que con el escaldado hubo un aumento de la capacidad antioxidante en la pulpa de mango. Además, se concluye que el mejor valor obtenido de vitamina C en la pulpa de mango Haden fue el tratamiento de 85°C por 15 min.

Castillo (2015) investigó el efecto de las temperaturas del aire de secado en la cinética de secado y de pérdida de calidad en la manzana (*Pyrus malus*) variedad San Antonio y evaluar la influencia de la temperatura del aire en los parámetros cinéticos de secado. En esta investigación se deshidrataron láminas de manzana de 2 mm de grosor y 6.6 cm de diámetro por aire caliente a temperaturas de 65, 75 y 95 °C, para determinar las cinéticas de pardeamiento, degradación de Vitamina C, pérdida de humedad y actividad de agua. Se mostró que el mejor proceso de secado es a temperatura 75 °C, para el rango de temperaturas de deshidratación entre 65, 75 y 90 °C, la cinética de deterioro de vitamina C es linealmente decreciente con respecto al aumento de la temperatura, ajustándose a una cinética de deterioro de orden 0.

Llauce et al. (2015) investigaron la influencia de la temperatura del aire de secado y las proporciones de goma arábica y maltodextrina sobre las características fisicoquímicas y organolépticas (la retención de vitamina C, % humedad y actividad de agua) del zumo de aguaymanto secado por atomización. Empleando la metodología de mezclas combinado con variables de proceso. Se encontró que la mejor formulación de encapsulantes para el proceso de atomización es la maltodextrina, debido a su estructura formada por uniones de glucosa con enlace alfa 1-4, la cual evita que se degrada la vitamina C. La concentración de encapsulante optima es 50% de maltodextrina, obteniéndose: Humedad 6.41 %,  $a_w = 0.27$  y vitamina C 51.1 mg/ 100 g a temperatura de 165°C.

## Marco teórico

### 1.6.3. Aguaymanto

Según Saavedra (1999) menciona que el origen del aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) se sitúa en los valles andinos de Perú. El aguaymanto es una fruta jugosa con semillas pequeñas de forma redonda u ovoide, esté está cubierta por cáliz que sirve de protección.



*Figura 1.* Frutos de aguaymanto

#### 1.6.3.1. Nombre científico y nombres comunes

Nombre científico: *Physalis peruviana L.*

El aguaymanto es conocido con diferentes nombres de acuerdo con el país.

PROFUT (2000) menciona que en América latina se conoce con los siguientes nombres, cereza de Perú, tomate silvestre, uchuva, uvilla, cuchuva, chuchuva, bolsa de amor, topo topo y aguaymanto; Mientras en Inglaterra y Hawai es conocido con el nombre de cape

gooseberry; En Sudáfrica se llama cape gooseberry, pompelmoes o apelliefie y goldenberry; Alkekengi o coqueret en Gabón; En India lo llaman teparee, tiparee, makowi. Por otro lado, Saavedra (1999) menciona que al aguaymanto también se conoce como capulí.

#### 1.6.3.2.Taxonomía

Según Arias (2008) el aguaymanto tiene la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida/Angiospermae
- Sub clase: Dicotyledoneae
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Tribu: Physaleae
- Género: *Physalis*
- Especie: *peruviana L.*

#### 1.6.3.3.Descripción morfológica

La raíz principal del aguaymanto tiene una profundidad de 50-80 cm, con abundantes raíces laterales y fibrosas (que se encuentran de 10-15 cm de profundidad). Y un tallo de tipo herbáceo cilíndrico cubierto con pelos con un diámetro aproximadamente de 2cm, con bastante ramificación promedio de 28 tallos/planta. Las hojas son laminares de color verde oscuro con presencia de vellosidades, acorazonadas, puntiagudas, bordes dentados de diferente tamaño. Las flores poseen 5 pétalos de color amarillo con manchas purpura marrón en el cuello.

Cáliz: El cáliz es gamosépalo que está conformado por sépalos que están ligados al fruto menciona Apuntes agrario (2001). El fruto es una baya, es jugoso con semillas pequeñas de forma redonda u ovoide, de superficie lisa, en promedio mide aproximadamente 2 cm de diámetro y el color varía de acuerdo con su estado de madurez.

#### 1.6.3.4.Hábitat

Para PROFRUT (2000) el hábitat de esta especie mayormente se sitúa en zonas tropicales, subtropicales y de clima templado. Pacheco y Saavedra (1999) nombra que en las altitudes sobre los 2300 msnm están las mejores condiciones para el crecimiento. Los departamentos con mayor producción de aguaymanto en el Perú son Áncash, Cajamarca, Lambayeque, Ayacucho, La Libertad, Lima, Junín, Huánuco y Cusco. Andina (2018)

#### 1.6.3.5.Características físicas del Aguaymanto

La NTC 4580 (1999) indica una clasificación directamente proporcional entre el contenido de grados Brix con el índice de madurez en la materia prima. Ver la Tabla 1. También clasifica al aguaymanto de acuerdo con el grado de madurez dependiendo del color de la fruta como se observa en la Figura 2 y Tabla 1.

Tabla 1.  
*Caracterización física del aguaymanto*

Estado	Aspecto del color externo	°Brix	% ácido cítrico	índice de madurez
<b>Cero</b>	color verde oscuro	9.4	2.69	3.5
<b>Uno</b>	color verde un poco más claro	11.4	2.7	4.2
	Color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas.			
<b>Dos</b>		13.2	2.56	5.2
<b>Tres</b>	color anaranjado claro con visos	14.1	2.34	6
<b>Cuatro</b>	color anaranjado claro	14.5	2.03	7.1
<b>Cinco</b>	color anaranjado	14.8	1.83	8.1
<b>Seis</b>	color anaranjado intenso	15.1	1.68	9

Fuente: NTC 4580(1999)



Figura 2. Clasificación de colores del aguaymanto con respecto al estado de madurez

Fuente: NTC 4580(1999)

Además, la NTC 4580 (1999) clasifica al aguaymanto en tres categorías: categoría extra, el capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de éstos). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 5 % del

área total. Categoría I, el aguaymanto debe estar exenta de todo defecto que demerite la calidad del fruto. El capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de éstos). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 10 % del área total. Categoría II, se admiten frutos rajados que no excedan el 5 % del área total. El capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de éstos). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 20 % del área total.

#### 1.6.3.6.Composición nutricional

Según la tabla 1 el aguaymanto es un fruto con fuente de alto contenido de vitamina C con 43.30 mg/100 g y vitamina A con 440 ug/100 g, además cuenta con presencia de hierro de 1.24 mg/ 100 g. También posee alto contenido de  $\beta$  caroteno igual a 2640 ug/100 g.

Tabla 2.  
*Composición nutricional de 100g de aguaymanto*

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
Energía (Kcal)	51
Agua (g)	79.8
Proteína (g)	1.9
Grasa total (g)	0.0
Carbohidratos Totales (g)	17.3
Carbohidratos disponibles (g)	12.4
Fibra dietaría (g)	4.9
Cenizas (g)	1
Calcio (mg)	11
Fósforo (mg)	38
Zinc (mg)	0.40
Hierro (mg)	1.24
B caroteno equivalente totales (ug)	2640
Vitamina A equivalente totales (ug)	440
Vitamina C (mg)	43.30
Potasio (mg)	293

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017)

#### 1.6.3.7. Propiedades nutritivas

El aguaymanto (fruto) es un alimento que muestra alto contenido de vitaminas A y C y algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B12) menciona Saavedra (1999). También el fruto de aguaymanto contiene hierro, fosforo.

Por otro lado, “es un fruto muy apreciado por su alto contenido de antioxidantes, que minimizan el envejecimiento celular, y por estabilizar el nivel de glucosa en la sangre, por lo que resulta beneficioso para quienes padecen diabetes” El Comercio (2015).

Por sus características el fruto de aguaymanto en la industria alimentaria está destinado para diferentes fines y se usa como ingrediente para elaborar mermelada, jugos, ingrediente de helados, en yogurt, frutas en almíbar y deshidratado. En su estado natural se consume entera o en ensaladas.

### 1.6.3.8. Exportación del aguaymanto

Según cifras del Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX), hasta el 2017, existen nueve países con mayor demanda, siendo sus principales mercados Países Bajos, Estados Unidos y Alemania. Figuras 3 y 4

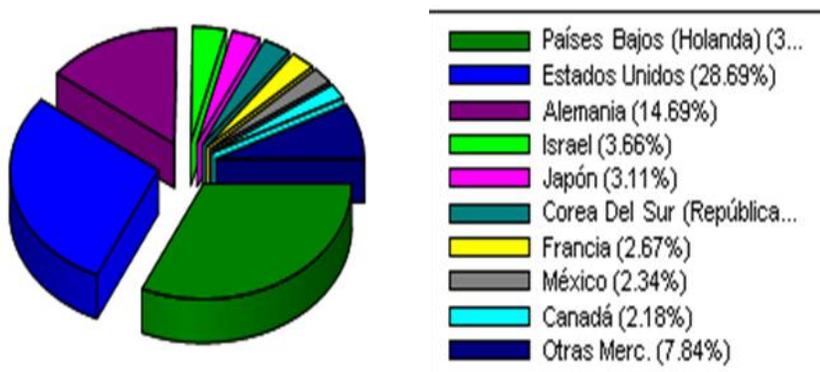
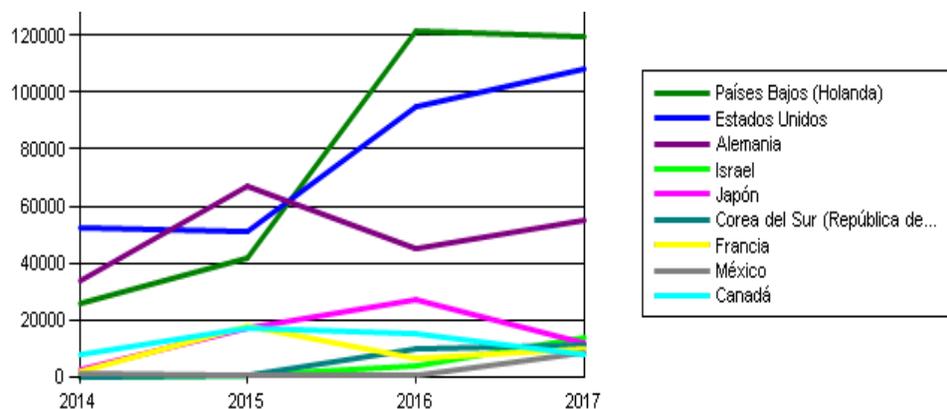


Figura 3. Exportación del producto aguaymanto según sus principales mercados en kg en 2017

Fuente: SIICEX (2019)



\* Solo se consideran las presentaciones que hayan registrado exportaciones en el 2017

Figura 4. Evolución de las exportaciones del producto aguaymanto según sus principales mercados 2014-2018

Fuente: SIICEX (2019)

Con respecto a la presentación del producto, SIICEX emplea una estadística en el periodo 2014- 2017, mostrándose que hasta el año 2015 la exportación del fruto en fresco o natural, se mantenía en la misma posición que los productos con valor agregado (conserva); sin embargo, hacia el 2017 los frutos naturales (47.83%) son los que poseen mayor demanda, contrario a la presentación con valor agregado como conserva (3.34%), congelado (0.96%), pulpa (0.83%) (Figura 5 y 6)

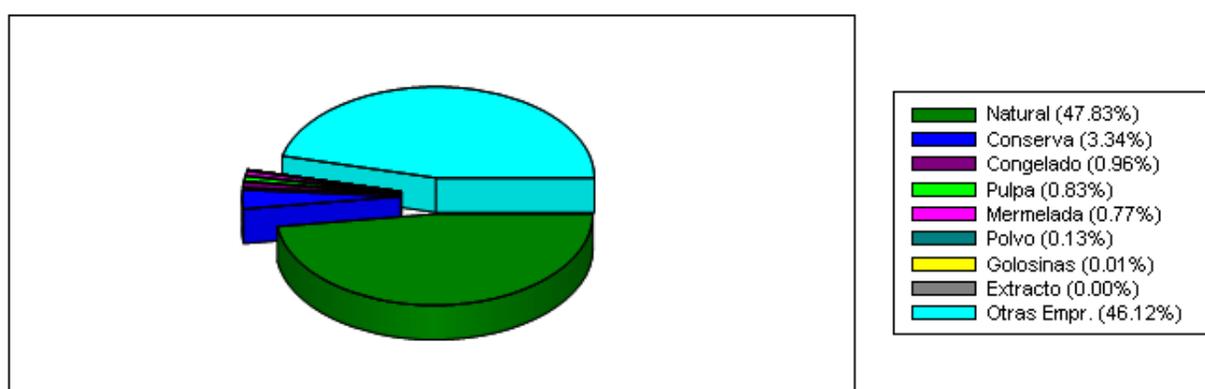
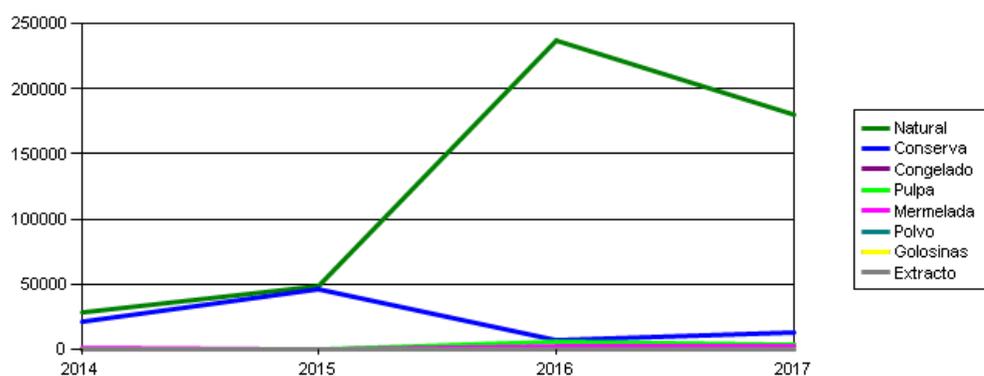


Figura 5. Exportación del producto aguaymanto según sus principales presentaciones en kg en 2017

Fuente: SIICEX (2019)



\* Solo se consideran las presentaciones que hayan registrado exportaciones en el 2017

Figura 6. Evolución de las exportaciones del producto aguaymanto según sus principales presentaciones 2014-2018

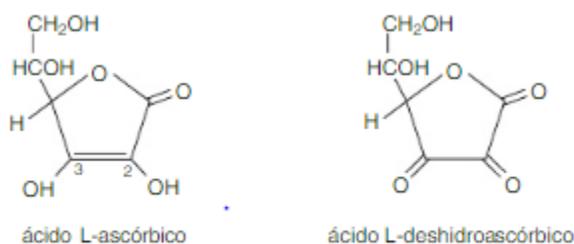
Fuente: SIICEX (2019)

## 1.6.4. Vitamina C

### 1.6.4.1. Definición

Damodaran, parkin y Fennema (2008) la vitamina C también conocido como ácido ascórbico es un tipo de vitaminas hidrosolubles, es decir, se disuelve en disoluciones acuosas e insoluble en disolventes apolares. Las principales fuentes de vitamina C en mayor cantidad son las frutas, hortalizas y se encuentra en pequeñas proporciones en el tejido animal. Las frutas con mayor contenido son las acidas.

Por otro lado, Badui (2013) menciona que “la vitamina C es un derivado de la D-glucosa, con una estructura de cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1-gulofuranolactona y contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y altamente reductor, por lo que se oxida con mucha facilidad”.



*Figura 7.* Estructura química de la vitamina C

Fuente: Badui (2013)

#### 1.6.4.2. Propiedades generales

La vitamina C aumenta la absorción de hierro para prevenir la anemia, por otro lado, ayuda prevenir el cáncer, escorbuto, enfermedades cardiovasculares (Leong & Oey, 2012; Amer et al., 2002) citado por Mendoza, Hernández y Ruiz (2015).

Damodaran, Parkin y Fennema (2008) menciona que el ácido ascórbico por poseer actividades reductoras y antioxidantes es utilizado como ingrediente de alimentos. En frutas y hortalizas se utiliza para evitar el pardeamiento enzimático, mientras en los derivados cárnicos actúa como agente reductor. También, Coultate (2013) menciona que el ácido ascórbico se emplea en la industria panadera para mejorar la harina.

#### 1.6.4.3. Degradación de vitamina C

La vitamina C se pierde con mucha facilidad por oxidación, a altas temperaturas, también durante la elaboración, durante almacenamiento, presencia de oxígeno, el pH (más estable a pH acidas), actividad de agua, luz y metales de transición como el cobre y el hierro. “Para evitar la pérdida de la vitamina C en los alimentos que los contiene se debe proteger de la exposición del oxígeno” (Potter y Hotchkiss, 2007). Por lo que, muchos estudios en los procesos de alimentos usan la vitamina C como indicador de calidad nutricional, es decir, si resiste el procesamiento, el almacenamiento va a significar que todos los demás nutrientes son poco afectados, por lo tanto, es necesario seleccionar las condiciones adecuadas con el fin de minimizar las posibles pérdidas debido a las etapas de preparación de las muestras.

#### 1.6.5. Actividad de agua ( $a_w$ )

La actividad de agua se define como la medida del agua no ligada o libre de un sistema disponible a fin de permitir las reacciones biológicas y químicas. La actividad de agua no es lo mismo que el contenido de agua de un alimento. Potter y Hotchkiss(2007).

Badui (2013) Señala que los microorganismos para su desarrollo requieren condiciones favorables como pH, temperatura, nutrimentos, principalmente de la  $a_w$ , porque a menudo que aumenta la actividad de agua, otros factores se vuelven menos favorables. El crecimiento de bacterias requiere actividad de agua ( $a_w$ ) mayor a 0.91, las levaduras necesitan  $a_w$  mayor a 0.88 y los hongos necesitan un  $a_w$  mayores 0.80.

#### 1.6.6. Deshidratación

Es una de las operaciones que consiste en reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo. Por otra parte, la deshidratación actúa como conservante, es decir, alarga la vida útil del alimento y también actúa como un método para aumentar a los alimentos con valor agregado. Además de la conservación, mediante la deshidratación se reduce el peso y el volumen del alimento (producto seco), por ello nos facilita los procesos de transporte y almacenaje Singh y Heldman (2009). También al reducir el contenido de agua a un nivel muy bajo se elimina la posibilidad de su deterioro biológico y así como de ciertas reacciones químicas.

Potter y Hotchkiss (2007) manifiesta que la deshidratación de alimentos, se elimina el agua mediante condiciones naturales y diferentes maneras de proceso controlados.

## Secador de bandejas

Para Singh y Heldman (2009) consiste en colocar el producto a secar en bandejas exponiéndolo a una corriente de aire caliente en un recinto cerrado, donde el aire circula sobre la superficie del producto. El aire conduce el calor al alimento para que así el vapor de agua sea liberado García, Cortes y Sandova (2010). También, mencionan que la deshidratación de alimentos por aire caliente se emplea en la mayoría de los casos.

### 1.6.7. Láminas de fruta

Las láminas de frutas son productos frutas deshidratadas que se consumen como bocadillos o postres. Son láminas flexibles. La mayoría de las pieles de frutas se secan a una temperatura de 30 a 80 °C hasta 24 horas hasta que alcanza el contenido final de humedad (12-20%) Bush, Bui y Diamante (2014). Pero el tiempo de secado depende del tipo de fruta y el grosor de la pulpa o puré de fruta.

Por otro lado, Azeredo, Brito, Moreira, Farias y Bruno (2006). Mencionan al secar una capa muy delgada de puré de frutas se obtiene un producto masticable y de textura blanda. También elaborar láminas flexibles es una manera de concentrar las propiedades nutricionales de la fruta.

### 1.6.8. Escaldado

Según Damodaran, Parkin y Fennema (2008), el escaldo se realiza con el fin de inactivar las enzimas y para la disminución de los microorganismos. Esta operación se puede realizar de diferentes maneras, en agua caliente, aire caliente, en horno microonda y a vapor. Badui (2013) informa, al emplear el escaldado tiende a preservar el ácido ascórbico en productos deshidratados, ya que el enzima ácido ascórbico oxidasa se inactiva

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se ejecutó en los laboratorios de la Universidad San Ignacio Loyola, principalmente en la planta Agroindustrial de Pachacamac y laboratorio de Química.

### 2.2. Materia prima

El aguaymanto se adquirió del mercado local de productores MEPROLIMA (Los Olivos).

Se trabajó con los frutos del mismo tamaño, color.

### 2.3. Equipos, Materiales y Reactivos

#### 2.3.1. Equipos e Instrumentos

- Secador de bandejas
- Robot Coupe R20
- Olla acero inoxidable
- Cocina
- Estufa al vacío. Marca: MEMMERT, Modelo: VO29
- Medidor de Actividad de Agua), Modelo: AQUALAB 4 TER DUO. Marca: AQUALAB
- Potenciómetro HANNA (medidor de pH), Modelo: HI-2020-01
- Balanza analítica marca AND, Modelo: Mx-50
- Refractómetro ATAGO (determinador de grados Brix)
- Bomba de vacío
- Bandejas de aluminio

### 2.3.2. Materiales

- Recipientes de acero inoxidable
- Licuadora
- Fiola 50, 250 y 500ml
- Becker 50 y 250ml
- Erlenmeyer 250ml
- Embudo Buchner
- Embudo
- Matraz Kitasato
- Mortero
- Probeta 50ml
- Placas Petri
- Pipetas 2, 5 y 10ml
- Papel filtro
- Pinzas
- Cucharas
- Papel mantequilla

### 2.3.3. Reactivos

- Ácido ascórbico
- Ácido meta fosfórico
- Ácido acético
- Bicarbonato de sodio
- 2,6 Dicloroindofenol

## 2.4. Flujo y descripción de proceso

### 2.4.1. Diagrama de flujo

Se muestra en la Figura 8, el proceso general para elaborar láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto y se divide en las siguientes operaciones.

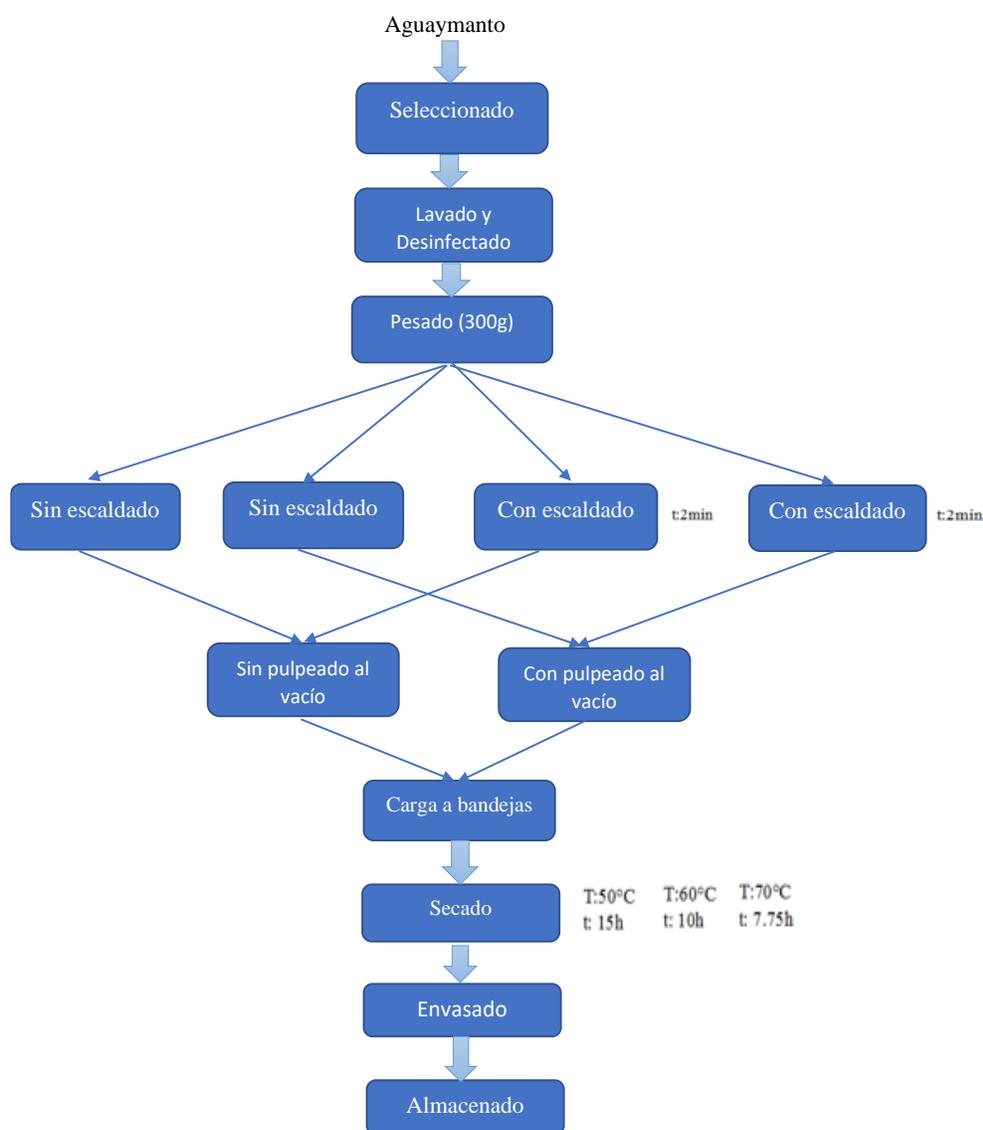


Figura 8. Diagrama de flujo para elaborar láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.2. Descripción del proceso

- Seleccionado

Después de recepción de frutos de aguaymanto procede a la etapa de selección donde se separa frutos aptos para la deshidratación y se descarta frutos en mal estado por ejemplo dañados. A los frutos aptos para el proceso se le retiró el cáliz.

- Lavado.

En esta etapa se lava los frutos con abundante agua para eliminar suciedades adheridas al fruto.

- Desinfectado

Después de lavar se desinfectó los frutos donde se deja sumergido por 4 minutos los frutos en una solución de hipoclorito de sodio para reducir el contenido de microorganismos. Después de desinfectarlo se pesó para dividirlo para cada tratamiento, para cada tratamiento se pesó 300g.



*Figura 9.* Frutos de aguaymanto sumergidos en solución de cloro

Fuente: Elaboración propia

- Escaldado

Las frutas se escaldaron a vapor por dos minutos. Cuando el agua alcanzó la ebullición, se colocó la coladera conteniendo la fruta como se observa en la Figura 10. Se realizó con la finalidad de inactivar el enzima ácido ascórbico oxidasa, ya que causan la oxidación de vitamina C. Solo fueron escaldados las frutas correspondientes que requerían del escaldado según el diseño (Tabla 3)



*Figura 10.* Frutos de aguaymanto en etapa de escaldado a pavor

Fuente: Elaboración propia

- Pulpeado

Esta operación consiste en triturar el fruto hasta convertirlo en pulpa. En este caso se realizó de dos formas; triturado al vacío y triturado a presión atmosférica. El triturado al vacío se realizó en el equipo Robot Coupe (frutos que requerían triturado al vacío según el diseño, Tabla 3) por dos minutos y a los frutos destinados para los tratamientos que no requieren de vacío se trituró mediante una licuadora. El pulpeado al vacío se empleó con el fin de extraer el aire u oxígenos de la pulpa.



*Figura 11.* Pulpeado con licuadora

Fuente: Elaboración propia



*Figura 12.* Pulpeado al vacío con robot coupe

Fuente: Elaboración propia

- Carga de bandejas

Después de obtener la pulpa, ésta se pesó en una balanza. Enseguida se colocó en bandejas de aluminio con recubrimiento de papel mantequilla (medidas 13 cm x 17.5 cm) como se muestra en la figura 13. En cada bandeja se colocaron 300 g de pulpa.



*Figura 13.* Bandeja con pulpa de aguaymanto

Fuente: Elaboración Propia

- Secado

Esta operación se realiza con aire caliente en un secador de gabinete. Las temperaturas de secado fueron 50°C, 60°C y 70°C. El tiempo empleado para 50°C fue de 15 horas, para 60°C 10 horas y para 70°C 7.75 horas. Para determinar el tiempo de secado para cada temperatura se hicieron pruebas preliminares. Se seleccionaron estas temperaturas de secado porque están dentro del rango típico de secado de alimentos con aire caliente. Para determinar el tiempo para cada temperatura de secado se iba verificando las láminas si se retiraba fácilmente, si retiraba las láminas a menos hora a 15h, 10h y 7.75h (para cada temperatura) se rompían las láminas mientras ponía a más horas a los tiempos establecidos ya se pegaban al papel mantequilla.



*Figura 14.* bandejas colocadas en el secador

Fuente: Elaboración propia

- Envasado

Una vez obtenidas las láminas deshidratadas se empacaron en bolsas de polipropileno. Previamente las láminas se enfriaron, una hora por tratamiento.

- Almacenado

Una vez empacado las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente, en un lugar oscuro. Las muestras tratadas a temperaturas 50°C y 70°C fueron almacenadas por 33 días y las muestras tratadas a 60°C fueron almacenadas por 34 días. Se determinó el contenido de vitamina C al final del periodo de almacenamiento.

## 2.5. Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental completamente al azar de doce tratamientos, siendo las variables, la temperatura de secado, la realización del escaldado y la atmósfera del pulpeado (Tabla 3). Los tiempos de secado se determinaron mediante pruebas preliminares para cada temperatura obteniendo como resultado que a 50°C se requieren 15 horas, a 60°C

se requieren 10 horas, mientras el tiempo necesario a 70°C es 7 horas y 45 minutos, con la finalidad de obtener una actividad de agua similar en el producto deshidratado para cada temperatura. Se comparó diferentes temperaturas de secado para obtener productos deshidratados con similar contenido de humedad y actividad de agua para lograr esto era necesario ajustar los tiempos de secado. De tal manera que el producto obtenido tuviera una textura adecuado. Si usáramos un solo tiempo para los diferentes tiempos de secado se obtendría productos con diferente contenido de humedad y actividad de agua. Lo cual indeseable al momento de evaluar el contenido de vitamina c.

Tabla 3.

*Tratamientos y tiempo de secado*

<b>Tratamiento</b>	<b>Variables</b>			<b>tiempo de secado (horas)</b>
	<b>escaldado</b>	<b>pulpeado al vacío</b>	<b>temperatura (°C)</b>	
T1	sin	sin	50	15
T2	sin	con	50	15
T3	con	sin	50	15
T4	con	con	50	15
T5	sin	sin	60	10
T6	sin	con	60	10
T7	con	sin	60	10
T8	con	con	60	10
T9	sin	sin	70	7.75
T10	sin	con	70	7.75
T11	con	sin	70	7.75
T12	con	con	70	7.75

Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Análisis estadístico

Para realizar el análisis de información se utilizó el programa STATA v.16. Las variables cuantitativas se presentaron con sus respectivas medidas de tendencia central y variabilidad.

Para comparar la retención de la vitamina C según los diferentes grupos de tratamiento se utilizó la prueba de Anova con su posterior análisis post-hoc y para evaluar la relación de la temperatura con la retención de vitamina C se utilizó la prueba de Correlación de Spearman. Para conocer el efecto de cada tratamiento escaldado y pulpeado al vacío con respecto a la retención de vitamina C se utilizaron modelos lineales generalizados con distribución gaussiana, estratificado según temperatura. Por último, para comparar la retención de vitamina C entre momento inicial y luego del almacenamiento se utilizó la prueba T-Student para muestras relacionadas por cada grupo de tratamiento. Todas las pruebas realizadas fueron interpretadas considerando un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los resultados se presentan en tablas y gráficos.

## 2.7. Métodos

Para determinar el contenido de vitamina C se ha seguido el método AOAC 967.21, el cálculo realizado se muestra en el anexo 1.

### Determinación de Vitamina C: Método AOAC 967.21 (2005)

#### A. Principio

El ácido ascórbico reduce el colorante indicador de oxidación-reducción, 2,5-dicloroindofenol, a una solución incolora. En el punto final, el exceso de colorante no reducido en rosa rosado en solución ácida. La vitamina se extrae y la titulación se realiza en presencia de la solución de ácido meta fosfórico-ácido acético (MPA) para mantener la acidez adecuada para la reacción y para evitar la autooxidación del ácido ascórbico a un pH alto.

## B. Reactivos

(a) Solución extractoras: solución de ácido meta fosfórico- ácido acético (MPA).

Disolver con agitación 15g  $HPO_3$  (ácido meta fosfórico) en 40 ml de  $CH_3COOH$  (ácido acético) y 200 ml de agua destilada, se diluye hasta 500 ml aproximadamente y filtrar rápidamente por succión a través de papel filtro plegado en botella con tapón de vidrio. ( $HPO_3$  cambia lentamente a  $H_3PO_4$ , pero si almacena en el refrigerador, la solución permanece hasta 7- 10 días).

(b) Solución estándar ácido ascórbico

Pesar exactamente 50 mg de ácido ascórbico estándar que ha sido almacenado en desecador lejos de la luz solar. Transferir de 50 ml. Diluir a volumen inmediatamente con solución MPA en una fiola de 50 ml.

(c) Solución estándar 2,6 diclorofenolindofenol (DCFI)

Disolver 50 mg de 2,6- dicloroindofenol sal sódico, en 50 ml de agua destilada a la que previamente se le añade 42 mg de bicarbonato de sodio, agitar y cuando el tinte se disuelva diluir a 200 ml, con agua destilada. Filtrar a envase ámbar con tapón de vidrio mantener tapado, alejar de la luz directa y guardar en refrigeración.

Transferir tres alícuotas de 2 ml de solución estándar de ácido ascórbico a cada uno de los Erlenmeyer que contienen 5 ml de solución extractora. Valorar inmediatamente con la solución DFCI en una bureta de 50 ml. Del mismo modo titular 3 blancos compuestos por 7 ml de solución MPA más un volumen de agua de cantidad similar al gasto de solución usando en la valoración anterior.

## C. Preparación de muestra

(a) Para productor secos que no contenga una cantidad apreciable de sustancias básicas

Pulverice la porción de prueba moliendo suavemente, agregue solución extractora (MPA), y triture hasta que la porción de prueba esté en suspensión. Diluir con solución extractora, volumen medido. Designe este volumen como V ml. (utilice aprox. 10 ml de solución extractora /g de porción de prueba seca. La solución de prueba final debe contener 10-100 mg de ácido ascórbico /100 ml).

(b) En caso de jugos de frutas y hortalizas: Prepare jugos y filtrar a través de algodón absorbente o papel rápido. Extraer jugo y añadir igual volumen de solución MPA. Designar volumen total V ml mezclar y filtrar.

Determinación

Mg Ascorbic acid g, Tablet, ml, etc

$$= (X - B) * \left(\frac{F}{E}\right) * \left(\frac{V}{Y}\right)$$

Dónde:

*X*: media en ml de la titulación de las muestras

*B*: promedio en ml de la titulación de los blancos

*F*: mg de ácido ascórbico equivalente a 1ml de solución estándar DFI

*E*: número de g, tabletas, ml, etc.

*V*: volumen total la muestra más la solución extractora

*Y*: volumen de solución tomada para cada titulación

- Humedad: AOAC Official Method 934.06 (2005). Moisture in Dried Fruits First Action 1934 final action.

El contenido de humedad se realizó tal cual indica el método mencionado. Se midió el contenido de humedad en una estufa de vacío por 6 horas a 70°C.

- Sólidos solubles: Medición directa con el instrumento Refractómetro (expresados en Grados brix)
- Actividad de agua ( $a_w$ ) se determinó directamente con el equipo AQUALAB

Para determinar el porcentaje de retención de vitamina C se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ retención vit C} = \frac{[\text{concentración vit C en pulpa deshidratada (en base seca)}]}{[\text{concentración de vit C en pulpa fresca (en base seca)}]} * 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos del análisis fisicoquímico del fruto del aguaymanto.

Tabla 4.  
*Características del fruto del aguaymanto*

Análisis	Pulpa	
	b. húmeda	b. seca
Humedad (%)	79.94	
aW	0.9814	
°Brix	13.8	
pH	3.44	
Vitamina C (mg/100g)	36.98	184.34

Numerosas investigaciones Informan sobre la caracterización de (*Physalis peruviana L.*), las cuales son valores cercanos a lo obtenido.

Se obtuvo 36.98 mg/100 g base húmeda y 184.34 mg/100 g en base seca de vitamina C, mayor a 24.21 en base húmeda y 131b.s mencionado por Guevara y Málaga (2013), y también mayor a 26 mg/100 g de Vitamina C en b.h obtenido por Morante (2017), pero menor a lo encontrado por Aredo, Artega, Benites y Gerónimo (2012) que obtuvieron un valor de 46.8 mg/100 g de vitamina C en b.h. La diferencia de los valores se debe al estado de madurez de la fruta de aguaymanto también por el lugar de procedencia de la fruta. En cuanto a la humedad, el valor obtenido en este estudio (79.94%) fue similar a 79.39% encontrado por Aredo et al (2012) y cercano a 78,54% encontrado por Morante (2017). En cuanto al pH 3.44 (Tabla 4) se obtuvo un valor cercano a lo mencionado por Aredo et al (2012), 3.38 y al de Bustamante, Oblitas y Rojas (2016), 3,70. Los grados Brix que se obtuvo 13.8 es cercano a 14 °Brix los valores informados por Bustamante, Oblitas y Rojas (2016) y Morante (2017).

Por último, el valor de Actividad de agua encontrado 0.9814 es similar al 0.987 reportado por Duque, Giraldo y Quintero (2011).

### **Determinación del efecto de los parámetros de procesamiento**

En la Tabla 5 se muestra los valores promedio obtenidos de contenido de vitamina C después del tratamiento y la existencia significativa entre grupos.

Retención de la vitamina C en los diferentes parámetros de procesamiento en láminas deshidratadas

Tabla 5.

*Porcentaje de retención de la vitamina c y concentración de vitamina c (mg ácido ascórbico/100 g muestra) en los diferentes parámetros de procesamiento de láminas deshidratadas de aguaymanto*

Temperatura	Escaldado	Pulpeado al vacío	Contenido de vit C en promedio	% de retención de vit C	Tratamiento(T)
50°C	Sin	Sin	47.88±1.46	29.58	T1
	Sin	Con	56.87±0.84	36.11	T2
	Con	Sin	73.96±3.86	45.10	T3
	Con	Con	41.83±1.46	25.90	T4
60°C	Sin	Sin	67.36±0.84	42.03	T5
	Sin	Con	45.24±1.67	28.27	T6
	Con	Sin	59.38±0.84	38.07	T7
	Con	Con	58.17±0.84	35.84	T8
70°C	Sin	Sin	40.59±2.75	25.19	T9
	Sin	Con	40.60±2.75	27.31	T10
	Con	Sin	48.56±0	29.32	T11
	Con	Con	31.04±2.74	19.91	T12

Prueba Anova (p<0.05)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5 se observa las diferencias de la retención de vitamina C en los diferentes grupos considerándose los parámetros mencionados, según la Prueba de Anova existen diferencias significativas en todos los grupos excepto el tratamiento uno (T1) con los tratamientos T4(p=0.071), T6 (p=1.000) y T11(p=1.000); el Tratamiento dos (T2) con los Tratamientos T7(p=1.000) y T8(p=1.000); en el tratamiento cuatro (T4) con los tratamientos T6(p=1.000), T9(p=1.000) y T10(p=1.000); el tratamiento seis (T6) con los tratamientos T9(p=0.562), T10 (p=0.573), T11 (p=1.000) ; el tratamiento siete (T7) con el tratamiento T8(p=1.000) y el tratamiento nueve(T9) con el tratamiento diez (T10) (p=1.000). Se puede identificar como la máxima retención de vitamina C con parámetros de procesamiento de las láminas deshidratadas, en la temperatura 50°C con efecto de escaldado y sin efecto de pulpeado al vacío, en la temperatura a 60°C se da sin efecto del escaldado y pulpeado y en la temperatura 70°C con efecto de escaldado y sin efecto de pulpeado al vacío. Además, se puede observar que a mayor temperatura la retención de vitamina C disminuye según la prueba de Correlación de Spearman (Rho= -0.485; p=0.003).

El resultado obtenido en este análisis coincide con estudios por Mendoza, Hernández y Ruiz (2015), donde muestran el análisis estadístico, evidencian diferencia significativa de la concentración de vitamina C respecto con la temperatura (65°, 70°, 75°, 80° y 85°C); indican que usualmente cuando aumenta la temperatura disminuye el valor de vitamina C; Por Hincapié, Barajas y Gómez (2011) el secado por convención de la guayaba variedad manzana con temperatura de secado 40°,50° y 60°C reportaron un aumento en la temperatura de secado reduce el contenido de vitamina C. Y Castillo (2015) observó en deshidrataron láminas de manzana para el rango de temperaturas de deshidratación entre 65, 75 y 90 °C, la cinética de deterioro de vitamina C es linealmente decreciente con respecto al aumento de la

temperatura. La disminución del contenido de vitamina C entre temperaturas se debe al hecho de que la vitamina C es sensible a temperaturas altas Daghan et al. (2018). Además, esto podría explicarse por los procesos oxidativos irreversibles en el secado López et al. (2013), antes mencionado por (Perera, 2005; Vega-Gálvez et al, 2009). Por otro lado, Huaman (2018) menciona el procesamiento térmico de alimentos a altas temperaturas elimina la posibilidad de daño microbiológico, pero afecta la calidad del producto, presentando pérdida de componentes termolábiles y termosensibles, así como propiedades sensoriales y nutricionales.

En la Tabla 6 se muestra el efecto de los parámetros, escaldado, pulpeado al vacío y temperatura de secado en el contenido de vitamina C

Tabla 6.

*Efecto de cada parámetro de procesamiento en la retención de vitamina C antes de almacenamiento (cero días)*

		exp(b)	p	IC (95%)	
50°C	<i>Escaldado</i>				
	Sin	Ref.			
	Con	252.17	0.427	0.001	6349.441
	<i>Pulpeado al vacío</i>				
	Sin	Ref.			
	Con	0.023	0.097	1.887	8.054
60°C	<i>Escaldado</i>				
	Sin	Ref.			
	Con	11.869	0.484	0.012	12145.8
	<i>Pulpeado al vacío</i>				
	Sin	Ref.			
	Con	0.021	0.001	0.001	0.009
70°C	<i>Escaldado</i>				
	Sin	Ref.			
	Con	0.451	0.803	0.001	236.489
	<i>Pulpeado al vacío</i>				
	Sin	Ref.			
	Con	0.001	0.006	0.003	0.083

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

Exp(b): Exponenciado del coeficiente b

Ref: Referencia

IC (95%): Intervalo de confianza al 95%

En la Tabla 6 por medio de la estimación de modelos lineales generalizados que nos permiten estimar el promedio de retención vitamina C que aumenta cuando se presenta el efecto del

escaldado en cada una de las diferentes temperaturas ajustando por el efecto del pulpeado al vacío, sin embargo, no es estadísticamente significativo. Caso distinto se encuentra en el efecto del pulpeado al vacío que no se observa un gran aumento de retención de vitamina C ajustado por el efecto del escaldado, a pesar de que es estadísticamente significativo en la temperatura 60°C y 70°C. Se puede concluir que el aumento de retención de vitamina C es mayormente por el efecto de escaldado, y que es mejor utilizar la temperatura de 50°C para conseguir la retención.

En este estudio se observó que el efecto de escaldado tuvo mayor influencia en la retención de vitamina C lo cual concuerda con los estudios realizados por Cortijo et al (2017), el escaldado a vapor y con una congelación ultrarrápida mostraron mayor retención de vitamina C (73,33 mg/100 g de materia seca) en comparación con el producto inicial sin ningún tratamiento (175, 94 g/100 g de materia seca). Huaman (2018) demuestra que el escaldado en mango antes del pulpeado resulta significativo respecto al contenido de vitamina C. El efecto del escaldado respecto a la retención de la vitamina es porque al emplear el escaldado se inactiva el enzima ácido ascórbico oxidasa por lo tanto el ácido ascórbico tiende a preservar en productos deshidratados Badui (2013).

Tabla 7.

*Contenido de humedad y  $a_w$  para los 12 tratamientos de láminas deshidratadas a cero días*

<b>Tratamiento</b>	<b>Contenido de humedad</b>		<b><math>a_w</math></b>
	<b>(%)</b>		
	<b>b. húmeda</b>	<b>b. seca</b>	
T1	12.19	13.89	0.5748
T2	14.56	17.05	0.6533
T3	11.03	12.40	0.5205
T4	12.40	14.16	0.6091
T5	13.05	15.01	0.6133
T6	13.18	15.22	0.5844
T7	15.39	18.19	0.6885
T8	11.95	13.58	0.6152
T9	12.60	14.42	0.6438
T10	19.36	24.02	0.7819
T11	10.16	11.31	0.5831
T12	15.44	18.26	0.7434

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se muestran los valores de contenido de humedad en base húmeda, base seca y contenido de  $a_w$  de láminas deshidratadas de pulpa de aguaymanto. Se observa una disminución del contenido de humedad luego de aplicarlo el proceso de deshidratación. Los valores de contenido de humedad de láminas varían entre 10.16% y 19% en base húmeda y 11.31% a 24% en base seca, por otro lado, el contenido de actividad de agua fluctúa entre 0.5205 y 0.7819.

## Efecto de almacenamiento

Tabla 8.

*Efecto de parámetros de procesamiento en contenido de vitamina C (mg ácido ascórbico/100g muestra) antes y después de almacenamiento (33-34 días)*

Temperatura	Escaldado	Pulpeado al vacío	Cero días	Almacenado (33-34 días)	Tratamiento(T)	p
			Contenido de vitamina C	Contenido de vitamina C		
50°C	Sin	Sin	47.88±1.46	13.08±0.00	T1	<0,001
	Sin	Con	56.87±0.84	26.78±1.08	T2	0,001
	Con	Sin	73.96±3.86	82.91±2.86	T3	0,005
	Con	Con	41.83±1.46	35.48±0.00	T4	0,017
60°C	Sin	Sin	67.36±0.84	29.70±5.58	T5	0,006
	Sin	Con	45.24±1.67	49.48±1.93	T6	0,102
	Con	Sin	59.38±0.84	7.13±3.34	T7	0,002
	Con	Con	58.17±0.84	13.52±1.11	T8	<0,001
70°C	Sin	Sin	40.59±2.75	8.44±1.12	T9	<0,001
	Sin	Con	40.60±2.75	17.55±3.38	T10	<0,001
	Con	Sin	48.56±0.00	26.76±1.13	T11	<0,001
	Con	Con	31.04±2.74	23.49±1.95	T12	0,012

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

*Porcentaje de retención de vitamina C durante el almacenamiento (33-34 días)*

Temperatura	Escaldado	Pulpeado al vacío	Porcentaje de retención de vit C después de almacenamiento con respecto al tiempo de cero almacenamientos	Porcentaje de retención de vit C respecto al total pulpa fresca después almacenamiento
50°C	Sin	Sin	27.32	8.08
	Sin	Con	47.09	17.00
	Con	Sin	112.10	50.55
	Con	Con	84.82	21.97
60°C	Sin	Sin	44.09	18.53
	Sin	Con	109.37	30.92
	Con	Sin	12.01	4.57
	Con	Con	23.24	8.33
70°C	Sin	Sin	20.79	5.24
	Sin	Con	43.23	11.81
	Con	Sin	55.11	16.16
	Con	Con	75.68	15.07

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 se observa la diferencia de la retención de vitamina C luego de su almacenamiento donde se observa diferencias estadísticamente significativas en todos los grupos excepto en el tratamiento seis (T6) ( $p=0,102$ ). Es importante mencionar el aumento de retención de vitamina C en el Tratamiento tres (T3) (50°C de temperatura, con efecto de escaldado y sin efecto de pulpeado al vacío), y a pesar de que no es significativo se observa un ligero aumento en el tratamiento seis (T6) (60°C de temperatura, sin efecto escaldado y con efecto de pulpeado al vacío). Mientras en otros tratamientos el contenido de vitamina C ha disminuido. Esto se debe al efecto del empaque de almacenamiento y el tiempo de almacenamiento.

### Actividad de agua y contenido de vitamina C antes y después de almacenamiento

Tabla 10.

*Contenido de vitamina C y actividad de agua de láminas deshidratadas antes de almacenamiento (cero días)*

Tratamiento	Cont. Vit. C (mg ácido ascórbico/100g muestra)	$a_w$
T1	47.88	0.5748
T2	56.866	0.6533
T3	73.956	0.5205
T4	41.828	0.6091
T5	67.363	0.6133
T6	45.240	0.5844
T7	59.383	0.6885
T8	58.166	0.6152
T9	40.430	0.6438
T10	40.443	0.7819
T11	48.555	0.5831
T12	31.040	0.7434

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 se muestra el promedio de contenido de vitamina C y la actividad de agua para cada tratamiento a cero días y después de almacenamiento; se observa que hay una tendencia que a mayor contenido de vitamina C es cuando la actividad de agua es menor.

Tabla 11.

*Retención de vitamina C y actividad de agua de láminas deshidratadas después de almacenamiento*

Tratamiento	Cont. Vit. C (mg Aci.asc/100g muestra)	$a_w$
T1	13.08	0.6346
T2	26.78	0.6024
T3	82.91	0.5286
T4	35.78	0.5821
T5	29.63	0.626
T6	49.41	0.5807
T7	7.06	0.657
T8	13.46	0.6555
T9	8.44	0.6409
T10	17.55	0.5982
T11	26.64	0.5739
T12	23.40	0.576

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos T1, T2, T3, T4, T9, T10, T11 y T12 se midieron el contenido de vitamina C después de 33 días, mientras que las muestras T5, T6, T7 y T8 se midieron el contenido de vitamina C a los 34 días.

En la Tabla 11 se muestra el promedio de contenido de vitamina C y la actividad de agua para cada tratamiento después de 33 días de almacenamiento; se observa que hay una tendencia a mayor contenido de vitamina C cuando la actividad de agua es menor, tanto antes como después de almacenamiento tal como se muestra en las gráficas de correlación (Figura 16 y 17). Además, en la Tabla 11 se observa todos los tratamientos, excepto el tratamiento T3, que tienen una actividad de agua mayor a 0.57 y presentan menor cantidad de vitamina C. Viendo los valores de contenido de vitamina C, se ve que a menor  $a_w$  final del producto, mayor es su contenido de vitamina C, pero para una temperatura de secado específica. Por ejemplo, para las muestras que fueron secadas a 50°C, la que tiene menor  $a_w$  es el T3 con  $a_w = 0.5286$  y le corresponde el mayor contenido de vitamina C con 82.91 mg Aci.asc/100g

muestra y el tratamiento la que tiene mayor  $a_w$  es T1 con  $a_w = 0.6346$  con el menor contenido de vitamina C con 13.08 mg Aci.asc/100g muestra; Para las muestras que fueron secadas a 60°C, la que tiene menor  $a_w$  es el T6 con  $a_w = 0.5807$  y con mayor contenido de vitamina C con 49.41 mg Aci.asc/100g muestra y el tratamiento la que tiene mayor  $a_w$  es T7 con  $a_w = 0.657$  con el menor contenido de vitamina C con 7.06 mg Aci.asc/100g muestra, y por ultimo para las muestras que fueron secados a 70°C, la que tiene menor  $a_w$  es el tratamiento T11 con  $a_w = 0.5739$  con mayor contenido de vitamina C igual a 26.64 mg Aci.asc/100g muestra y el tratamiento la que tiene mayor  $a_w$  es T9 con  $a_w = 0.6409$  con menor contenido de vitamina C de 8.44 Aci.asc/100g muestra.

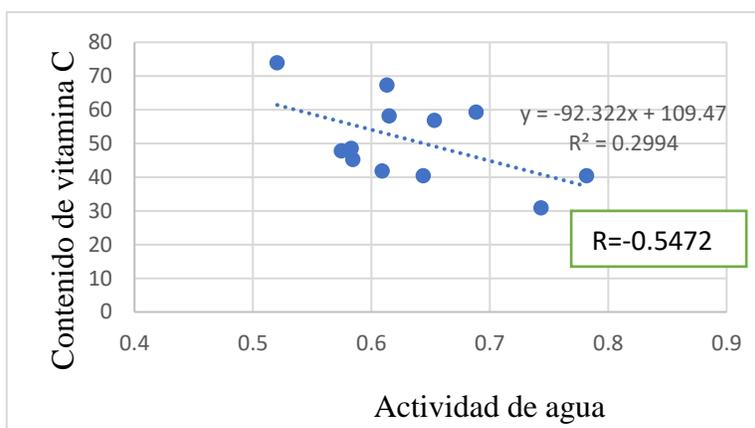


Figura 15. Relación de contenido de vitamina C y actividad de agua ( $a_w$ ) de los tratamientos a 0 días.

Fuente: Elaboración propia

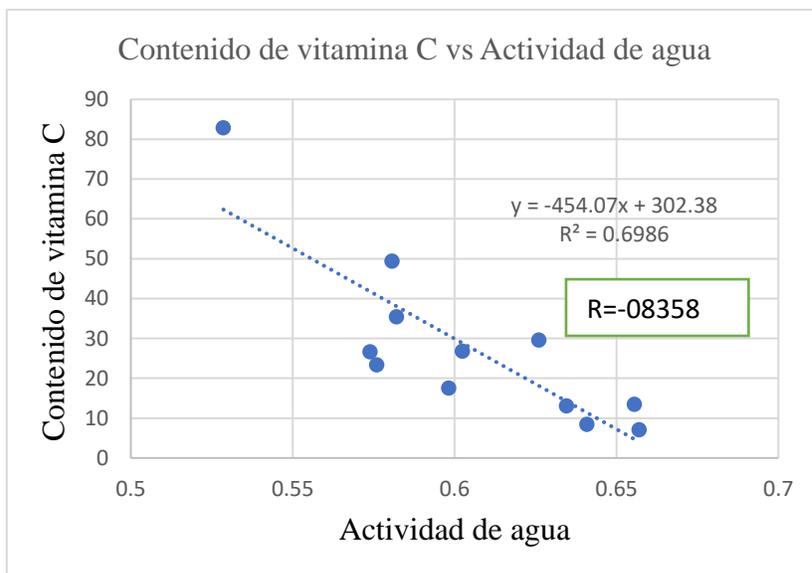


Figura 16 . Relación de contenido de vitamina C y Actividad de agua ( $a_w$ ) de los tratamientos después de almacenamiento (33 días)

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16 se observa  $R = -0.8358$ , lo que indica que existe una relación negativa entre el contenido de vitamina C y la actividad de agua. La relación es negativa porque a medida que aumenta la actividad de agua el contenido de vitamina C disminuye. Además, en la Figura 16 el valor de  $R = -0.5472$ , lo que indica que existe una relación negativa, ya que a medida que aumenta el contenido de actividad de agua disminuye el contenido de vitamina C. La actividad de agua es uno de los parámetros que influye en la degradación de la vitamina C, Santos y Silva (2008) informa la degradación de la vitamina C como una función de la actividad de agua variando desde 0.32 a 0.84 donde se registró el mayor índice de pérdida en  $a_w = 0.84$ . También, Badui (2013), menciona que “a medida que aumenta la actividad de agua favorece la destrucción, ya que el cobre y hierro actúan como catalizadores al solubilizarse a

más de 0.65 la velocidad de deterioro se incrementa de dos a 4 veces”. De la Figura 17 se desprende que la actividad de agua si influye en la retención de vitamina C.

## CONCLUSIONES

- La temperatura de secado afecta significativamente la retención de vitamina C en láminas deshidratadas de aguaymanto para los niveles 50°, 60° y 70°C. A menor temperatura de secado, mayor es la retención de vitamina C.
- El escaldado del fruto tuvo mayor efecto positivo que el empleo del vacío en el pulpeado del aguaymanto en retención de la Vitamina C en el procesamiento de láminas deshidratadas de aguaymanto.
- De acuerdo con este estudio las mejores condiciones de procesamiento para obtener láminas deshidratadas de aguaymanto con buena retención de Vitamina C, es el siguiente: Es necesario escaldar el fruto, se puede realizar el pulpeado bajo condiciones atmosféricas normales y utilizar la temperatura de 50°C obteniendo 45.10 % de retención de vitamina C. Además, es importante mantener la actividad de agua del producto deshidratado final en un nivel que no sea mayor a 0.55, para reducir la degradación de la vitamina C durante el almacenamiento, siempre y cuando las propiedades sensoriales lo permitan.

## RECOMENDACIONES

- Determinar las condiciones adecuadas para el almacenamiento y el tipo de empaque para mayor retención de vitamina C.

## Referencias

1. Aguaymanto: la fruta de los Andes peruanos que es sensación en el mundo. (2018, setiembre 5). *Andina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-aguaymanto-fruta-los-andes-peruanos-es-sensacion-el-mundo-724227.aspx>
2. Andina (2018, setiembre 5). Aguaymanto: la fruta de los Andes peruanos que es sensación en el mundo. Recuperado de: <https://andina.pe/agencia/noticia-aguaymanto-fruta-los-andes-peruanos-es-sensacion-el-mundo-724227.aspx>
3. Araujo, G. (2015). Manual: Manejo Tecnológico del Aguaymanto. Recuperado de: <http://aguaymanto.blog.galeon.com/i2015-04/>
4. Aredo, V., Artega, A., Benites, C. Y Gerónimo, W. (2012). Comparación entre el secado convectivo y osmoconvectivo en la pérdida de vitamina C de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) con y sin pretratamiento de NaOH. *Agroind Sci 2*. P. 129. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>
5. Arias, J. (2008). Aprovechamiento Agroindustrial de la Uvilla (*Physalis peruviana*) para la obtención de productos cristalizados y chips. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books>
6. Asociación de Promoción Agraria (2001). Apuntes agrarios. Aguaymanto.
7. Azeredo, H., Brito, E., Moreira, G., Farias, V. y Bruno, L. (2006). Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01120.x>
8. Badui, S. (2013) *Química de los alimentos*. quinta edición. Pearson, México.
9. Barreda, R., Guevara, A. y Araujo, Miguel. Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. *Revista de la Sociedad Química del Perú.*, Vol. 79. no 2. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script>
10. Bush, J. Bai, X. y Diamante, L. M. (2014). Cueros de fruta: Método de preparación y efecto de diferentes condiciones en las calidades. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/139890>
11. Bustamante, R., Oblitas, J. y Rojas, E. (2016). Influencia de la temperatura y concentración sobre el comportamiento reológico de la pulpa concentrada de aguaymanto

(*Physalis peruviana* L.). Vol. 6. P. 38. Recuperado de:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>

12. Castillo Martínez, W. (2015). Evaluación del proceso de secado por aire caliente de manzana (*Pyrus Malus*) variedad San Antonio. Universidad Nacional de Santa
13. Cortijo, P., Haro, R., Cerna, M., Arana, L., Gutiérrez, A., Espinoza, M. (2017). Efecto de los métodos escaldados y congelación previos a la liofilización sobre la retención de vitamina C en aguaymanto (*Physalis Peruviana* L.): Revista. *Agroindustrial Science* 7(1), 33-40.
14. Coultate T. (2013). Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos. Capítulo 8, p. 292. Acribia S.A.
15. Daghan S., Yildirim A. y Mehmet F. (2018). *The effect of temperature and method of drying on isot (urfa pepper) and its vitamin c degradation kinetics*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/326678030\\_The\\_effect\\_of\\_temperature\\_and\\_method\\_of\\_drying\\_on\\_isot\\_Urfa\\_pepper\\_and\\_its\\_Vitamin\\_C\\_degradation\\_kinetics](https://www.researchgate.net/publication/326678030_The_effect_of_temperature_and_method_of_drying_on_isot_Urfa_pepper_and_its_Vitamin_C_degradation_kinetics).
16. Damodaran, parkin y Fennema (2008, p. 466). Química de los Alimentos. España. Editorial. ACRIBIA S.A. 3ra Edición.
17. Dostert, N., Roque, J. Cano, A., La Torre, M. y Weigend, M. (2011). Hoja Botánica Aguaymanto. Recuperado de: [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Aguaymanto\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Aguaymanto_2012.pdf)
18. Duque, A., Giraldo, G. y Quintero (2011). Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uchuva (*physalis peruviana* l.). *Temas Agrarios*. V. 16 (1). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/buscar/documentos>
19. El Comercio (2015, agosto 20). Los beneficios de incorporar aguaymanto. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/viu/estar-bien/beneficios-incorporar-aguaymanto-dieta-198172?foto=3>
20. Garcia, M., Cortes, M. y Rodríguez, E. (2010). Evaluación del Secado de Perejil Aplicando Técnicas de Deshidratación Osmótica Como Pretratamiento. Recuperado de: <https://search.proquest.com/docview>

21. Hincapié, G., Barajas, J. y Arias, Z. (2011). Evaluación del secado por convección de la guayaba (*Psidium guajava*) variedad manzana. Revista investigaciones aplicadas. Medellin-colombia. Recuperado <http://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas/article/view/911>
22. Huaman, S. (2018). Efecto del escaldado en el color y cinetica de degradación térmica de la vitamina C del jugo de camu- camu (*Myrciaria dubia*). Tesis de grado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
23. Huampa, E. (2018). Efecto de la temperatura y tiempo de escaldado sobre el contenido de vitamina c, carotenoides y capacidad antioxidante en la pulpa de mango (*Mangifera Indica l.*) variedad haden. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
24. ICONTEC (1999) Norma Técnica Colombiana 4580. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Recuperado de: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1271/81660\\_58968.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1271/81660_58968.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
25. Llauce T., Paredes J. y Castillo, W. (2015). Evaluación del zumo de aguaymanto (*Physalis Peruviana*) secado por atomización. Recuperado de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/106/201>
26. López, J., Vega, A., Torres, M., Lemus, R., Quispe, I y Di Scala, K. (2013). Efecto de la temperatura de deshidratación en las propiedades fisicoquímicas y la capacidad antioxidante de Aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).
27. Mendoza, F., Hernández, E. y Ruiz, L. (2015) Efecto del Escaldado sobre el Color y Cinética de Degradación Térmica de la Vitamina C de la Pulpa de Mango de Hilacha (*Mangifera indica var magdalena river*). DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000300003>
28. Morante Silupú, A. (2017). *Evaluación de los parámetros adecuados en el deshidratado de aguaymanto (Physalis peruviana linnaeus) para ser recubierto con chocolate.* (tesis de grado). Universidad Nacional de Piura, Perú.
29. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. (2005). Parte II. Capítulo 45, p. 19 y 20.
30. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. (2005). Parte II. Capítulo 37, p. 4.

31. Ponce Alvarado, A. y Rodríguez Asto, F (2014). Evaluación del efecto de secado en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). (Tesis de Grado). Universidad Nacional del centro del Perú.
32. Puente, L.A., Pinto, C., Castro, E. y Cortes, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Santiago, Chile. Food Research International. P. 1738
33. Potter, N. y Hotchkiss, J. (2007). Ciencia de los alimentos. España, ACRIBIA. S.A.
34. PROFRUT (2000). El cultivo del capulí. Boletín Técnico N° 30.
35. Saavedra, J. y Pacheco, A. (199). Herramientas para el desarrollo sostenible. Awaymanto. p. 15
36. Santos, PHS. y Silva MA. (2008). La retención de vitamina C en los procesos de secado de frutas y verduras. Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ldrt20>
37. Singh, P. y Heldman, D. (2009). Introducción a la ingeniería de los alimentos. España. ACRIBIA, S.A. 3ra edición.
38. SIICEX (2019). Exportación del Producto Aguaymanto según sus principales mercados en kg 2014 – 2019. Recuperado de: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preorte=prodmercvolu&pvalor=331080>
39. SIICEX (2019). Exportación del producto aguaymanto según sus principales presentaciones en kg 2014 – 2019. Recuperado de: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preorte=prodpresvolu&pvalor=331080>
40. Tablas Peruanas de composición de Alimentos (2017). Recuperado de: <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Anexo

Anexo 1. Cálculo de determinación de vitamina C ejemplo para el tratamiento 1 (T1)

$$= (X - B) * \left(\frac{F}{E}\right) * \left(\frac{V}{Y}\right)$$

Datos

Reemplazando en la fórmula

$$X = 3.5ml$$

$$= (3.5 - 0.33) * \left(\frac{\frac{2mg}{21.4ml}}{5.019g}\right) * \left(\frac{55.019ml}{7ml}\right)$$

$$E = 5.019g$$

$$B = 0.33ml$$

$$= 0.4639mgvitC/g$$

$$F = 2mg/21.4ml$$

$$Y = 7ml$$

$$= 46.39mg \text{ de } \frac{vitC}{100g}$$

$$V = 55.019ml$$

Anexo 2. Fotografías de las láminas deshidratadas antes del almacenamiento (0 días) de los 12 tratamientos.

Tratamiento 1	Tratamiento 2
	
Tratamiento 3	Tratamiento 4
	

Tratamiento 5	Tratamiento 6
	
Tratamiento 7	Tratamiento 8
	

Tratamiento 9	Tratamiento 10
	
Tratamiento 11	Tratamiento 12
	

Anexo 3. Fotografías de las láminas deshidratadas después del almacenamiento de los doce tratamientos

Tratamiento 1	Tratamiento 2
	
Tratamiento 3	Tratamiento 4
	

Tratamiento 5	Tratamiento 6
	
Tratamiento 7	Tratamiento 8
	

Tratamiento 9	Tratamiento 10
	
Tratamiento 11	Tratamiento 12
