

UNIVERSIDAD NACIONAL
“HERMILIO VALDIZAN” – HUÁNUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA C Y CAROTENOS
EN EL SECADO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*) EN
CONDICIONES DE VACÍO Y ULTRASONIDO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

EJECUTOR : GINA LILIANA CAPCHA FABIAN

ASESOR : ING. ESTACIO LAGUNA, ROGER

HUÁNUCO – PERÚ
2019

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida, por los triunfos y momentos difíciles.

A mis padres Alejandrina Fabián y Diógenes Capcha por el esfuerzo dedicación, paciencia, por su confianza y por todo lo que han dado a lo largo de mi carrera y mi vida. A mis hermanos sobrinos e hijas quienes me apoyaron y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir. A mi esposo por darme la confianza, amor y no dejarme caer. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más grandes.

A los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Hermilio Valdizán, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de la carrera profesional.

De manera especial a mi asesor de tesis Ingeniero Roger Estacio quien estuvo guiándome académicamente con su experiencia y profesionalismo para culminar este grandioso sueño.

A mis padres Alejandrina Fabián y Diógenes Capcha, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos, sobrinos que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos, por ser parte importante en mi vida y representar la unidad familiar.

A mis hijas Rhoust y Zoé, siendo el mayor tesoro de mi vida, de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ustedes. Fueron mi motivación más grande para concluir con éxito esta tesis.

A mi esposo Luis Paima por ser el apoyo incondicional en mi vida, que, con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos.

Finalmente, gracias a todos los que me brindaron su apoyo en esta tesis.

RESUMEN

La investigación planteó mejorar los procesos de secado con tecnologías no convencionales a fin de conservar de manera óptima las vitaminas del aguaymanto, fruto nativo que la región Huánuco viene aprovechando en los procesos de deshidratación. A su vez el deshidratado de aguaymanto en condiciones de aire caliente en bandejas pierde más vitaminas si superamos 60 °C, (Tenesaca, 2011), al respecto cabe mencionar que las aplicaciones de ultrasonido en condiciones de vacío han demostrado que se pueden acelerar los procesos de transferencia de masa haciendo que el tiempo de secado pueda disminuirse de manera moderada en el proceso de deshidratado del aguaymanto.

Por otro lado, la investigación trabajó de acuerdo a un diseño completo al azar con arreglo factorial de 3x2, donde los 3 factores fueron presión de vacío (10 a 15 kPa), temperatura (50 a 55 °C) y potencia (50 a 100 W).

En cuanto a la metodología para evaluar el contenido de vitamina C se utilizó la técnica por cromatografía líquida de alta performance en función al ácido ascórbico por y para el caso de los carotenos se utilizó la cuantificación espectroscópica de pigmentos de las muestras de secado a vacío con ultrasonido en el aguaymanto (*Physalis peruviana*). En cuanto al resultado, los tratamientos que registraron el mayor contenido de vitamina C fueron el T₆ y T₈ a una presión de vacío de 15 y 10 kPa, a 50 °C a y 50 W de potencia, respectivamente. Y para el caso del contenido de carotenos los tratamientos con mejores contenidos fueron los T₁, T₂ y T₄.

El contenido de humedad de los tratamientos que lograron los valores más bajos fueron T₁ y T₃; y las mejores características físico-químicas fueron para el caso de pH, el T₂ y T₁, para el caso del análisis de los sólidos solubles T₆, T₂, T₅ y T₁, y finalmente la acidez reportó al T₁ y T₃ con los valores más bajos.

Palabras claves: secado, vacío, aguaymanto, ultrasonido.

SUMMARY

The research proposed improving drying processes with unconventional technologies in order to optimally conserve the vitamins of aguaymanto, a native fruit that the Huánuco region has been taking advantage of in dehydration processes. In turn, dehydration of aguaymanto in hot air conditions in trays loses more vitamins if we exceed 60 °C, (Tenesaca, 2011), in this regard it should be mentioned that ultrasound applications in vacuum conditions have shown that processes can be accelerated mass transfer so that the drying time can be reduced moderately in the process of dehydration of water and mantle.

On the other hand, the investigation worked according to a randomized complete design with 3x2 factorial arrangement, where the 3 factors were vacuum pressure (10 to 15 kPa), temperature (50 to 55 °C) and power (50 to 100 W).

As for the methodology to evaluate the content of vitamin C, the technique was used by high performance liquid chromatography based on ascorbic acid, and for the case of carotenes, spectroscopic quantification of pigments of vacuum drying samples was used with ultrasound in the aguaymanto (*Physalis peruviana*). As for the result, the treatments that recorded the highest vitamin C content were T6 and T8 at a vacuum pressure of 15 and 10 kPa, at 50 ° C at and 50 W of power, respectively. And in the case of carotene content, the treatments with the best contents were T1, T2 and T4.

The moisture content of the treatments that achieved the lowest values were T1 and T3; and the best physicochemical characteristics were for the case of pH, T2 and T1, for the case of the analysis of soluble solids T6, T2, T5 and T1, and finally the acidity reported to T1 and T3 with the lowest values.

Keywords: drying, vacuum, aguaymanto, ultrasound.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	7
II.	MARCO TEÓRICO	9
2.1.	Fundamentación teórica	9
2.1.1.	Generalidades del secado a vacío	9
2.1.1.1.	Secadora de armario a vacío	9
2.1.1.2.	Secado a vacío asistido por ultrasonido	10
2.1.2.	Generalidades del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i>)	10
2.1.2.1.	Origen	11
2.1.2.2.	Taxonomía	11
2.1.2.3.	Composición nutricional del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i>)	11
2.1.2.4.	Descripción botánica	13
2.1.2.5.	Características terapéuticas del aguaymanto	13
2.1.2.6.	Diagrama de flujo del proceso de deshidratado de Aguaymanto	14
2.1.2.7.	Descripción del flujo grama	15
2.2.	Antecedentes	16
2.3.	Hipótesis	18
2.3.1.	Hipótesis general	18
2.3.2.	Hipótesis específicos	18
2.4.	Variables y Operacionalización de variables	18
2.4.1.	Variable independiente	18
2.4.2.	Variable dependiente	19
2.4.3.	Variable interviniente	19
2.4.4.	Operacionalización de variables	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1.	Tipo y nivel de investigación	21
3.2.	Lugar de ejecución	21
3.3.	Población, muestra y unidad de análisis	21
3.4.	Tratamientos en estudio	21
3.5.	Prueba de hipótesis	22
3.5.1.	Diseño de la investigación	22
3.5.1.1.	Datos a registrar	23
3.5.1.2.	Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información	24

3.6.	MATERIALES Y EQUIPOS	25
3.6.1.	Materia prima.....	25
3.6.2.	Materiales	25
3.6.3.	Equipos.....	25
3.7.	CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.7.1.	Determinación de las características del fruto de aguaymanto.....	26
3.7.2.	Proceso de secado a vacío con sonicación.....	27
3.7.3.	Evaluación del contenido de vitamina C y carotenos	28
3.7.4.	Determinación de la humedad en función al tiempo de secado a vacío	29
3.7.5.	Evaluación de las características físico-químicas	30
IV.	RESULTADOS	34
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS FRUTOS DE AGUAYMANTO	34
4.2.	EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA VITAMINA C Y CAROTENOS	35
4.2.1.	Del contenido de vitamina C.....	35
4.2.2.	Del contenido de carotenos	37
4.3.	EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA HUMEDAD.....	39
4.4.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	40
4.4.1.	pH, °Brix y Acidez.....	40
V.	DISCUSIÓN	42
5.1.	CARACTERIZACIÓN DEL AGUAYMANTO	42
5.2.	EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA C Y CAROTENOS.....	42
5.2.1.	Evaluación del contenido de la Vitamina C.....	42
5.2.2.	Evaluación del contenido de carotenos.....	43
5.3.	EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	44
5.4.	DE LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	45
5.4.1.	pH.....	45
5.4.2.	Brix	45
5.4.3.	Acidez	45
VI.	CONCLUSIONES.....	47
VII.	RECOMENDACIONES	48
VIII.	LITERATURA CITADA.....	49
	ANEXO.....	53

I. INTRODUCCIÓN

El aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) es una fruta oriunda de los andes peruanos cultivada desde tiempos ancestrales en los periodos incaicos y preincaicos en todo América del sur, de acuerdo al convenio Andrés Bello de 1983 su zona más amplia fue en los andes ecuatorianos. (Tenesaca, 2011). El Perú lo producen las regiones de Ancash, La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Ayacucho, Lima, Junín, Huánuco y Cusco. Además, es conocido en el mercado internacional como “Golden Berry” y apreciado por su contenido de vitamina C y provitamina A, siendo comercializado principalmente en Alemania, Inglaterra y los Estados Unidos. (ANDINA, 2018)

En la actualidad se habla mucho de dos tipos de deshidratación de alimentos, los que viene aplicando la industria de alimentos, nos referimos al secado con aire caliente y liofilización, el primero es un método muy usado, pero puede deteriorar la calidad de los nutrientes del alimento; y el segundo congela los alimentos para luego sublimar el hielo, el cual conserva mejor los nutrientes de los alimentos, siendo este último el que ocupa el costo de producción más elevado (Gallego *et al.*, 1995)

El ultrasonido es una tecnología emergente que encuentra muchas aplicaciones, como acelerar los procesos de transferencia de masa en el secado de alimentos, (De La Fuente-Blanco, 2006) haciendo que el tiempo de secado pueda disminuirse de manera moderada como se hizo en el deshidratado del Aguaymanto.

La investigación, es un aporte tecnológico adaptado a nuestra realidad ya que en nuestra región existe una producción de aguaymanto deshidratado obtenido con secadores convencionales, pero si implementáramos el secado a vacío combinado con la tecnología emergente de ultrasonido a temperaturas bajas, reduciríamos los riesgos de pérdida de nutrientes, como son las vitaminas, y ofertaríamos un producto de calidad superior. Siendo favorable para la salud del consumidor por su contenido de vitamina C y carotenos, contribuyendo así, al sistema inmunológico de las personas.

Es así que, la investigación planteó los siguientes objetivos:

- Evaluar el comportamiento de la vitamina C y carotenos a diferentes condiciones de vacío combinado con ultrasonido en la obtención de Aguaymanto deshidratado.
- Evaluar el contenido de humedad del Aguaymanto deshidratado.
- Evaluar las características físico-químicas del Aguaymanto deshidratado a condiciones de vacío combinado con ultrasonido continuo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Generalidades del secado a vacío

Colina (2010) los alimentos sólidos muy sensibles al calor pueden deshidratarse con deshidratadores al vacío, a temperaturas bajas, cercanos a 40 °C, que corresponde a valores de presión absoluta de alrededor de 60 mm Hg (7 kPa), pudiendo llegar a bajas humedades sin sufrir daño. Los sistemas de vacío no utilizan aire, el calor suministrado mediante chaquetas de vapor o agua caliente en las paredes del deshidratador o en las charolas que soportan al producto. La transferencia de calor se realiza mediante conducción y radiación, y la evaporación del agua ocurre en el interior del material, la velocidad de transferencia de calor controla la velocidad de deshidratación.

2.1.1.1. Secadora de armario a vacío

La secadora de vacío tiene una cámara a vacío conectada a un condensador y a una bomba de vacío, que por lo general está montada en posición horizontal. La cámara está equipada con un número de plantas o estantes huecos, dispuestos horizontalmente. La fuente de calor de estos puede ser por vapor, agua caliente o algún otro fluido térmico que circula por ellos. Una cámara de secado típica puede contener hasta 24 estantes, midiendo cada uno 2 x 1,5 m el material alimentario se extiende en capas relativamente finas en las bandejas metálicas. Estas bandejas se colocan en los estantes, la cámara se cierra y se reduce la presión por medio del condensador y de la bomba de vacío. La presión absoluta creada está en un rango de 5 a 30 kPa, a temperaturas de evaporación de 35 a 80 °C. El tiempo de secado puede extenderse de 4 a 20 h, dependiendo del tamaño y las formas de las piezas del alimento y de las condiciones de secado. En general la calidad de las frutas y hortalizas secadas

a vacío es mejor que la de los productos secados con aire caliente de forma convencional (Brennan 2006).

2.1.1.2. Secado a vacío asistido por ultrasonido

De la Fuente *et al.*, (2006), desarrollaron un prototipo, que utilizó frecuencias de 20 kHz y potencia de 100 W, para estudiar los efectos mecánicos y térmicos durante el secado de zanahoria. Se observaron fuertes efectos por ultrasonido en comparación con las muestras testigo, logrando una reducción de tiempos para llegar a contenidos de humedad bajos, es así que el tratamiento ultrasónico para la deshidratación de vegetales y la influencia relativa de los principales parámetros físicos. Para ello, se ha desarrollado un sistema experimental que opera mediante contacto directo del producto con la superficie vibrante del transductor ultrasónico. Las pruebas experimentales donde aplicaron una potencia de 50W, redujeron al menos un 40% en el peso de las muestras al cabo de 30 minutos de tratamiento. Baslar, (2014), el secado de vacío con ultrasonido (USV) es la técnica de secado más rápido en comparación con vacío y secado convencional. Mientras aumenta la temperatura el secado disminuye el tiempo de secado. La disminución fue más evidente para las técnicas de USV y vacío. Además, el secado USV aumentó aún más la velocidad de secado con aumento de las temperaturas.

2.1.2. Generalidades del aguaymanto (*Physalis peruviana*)

Según Velezmoro (2004), el fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana*) fruta se encuentra dentro de un cáliz, es redonda ovoide, del tamaño de una uva grande, posee piel lisa, brillante y de color amarillo-dorado-naranja según la variedad. Su pulpa jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse, cuando está madura, es dulce

con un ligero sabor agrio, destacando sus contenidos de vitaminas A y C, además de hierro y fósforo.

2.1.2.1. Origen

Según Velezmoro (2004), el Aguaymanto (*Physalis Peruviana*) es originario de los valles bajos andinos de Perú y Chile. Cuenta con más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre. Del mismo modo Tenesecca (2011) afirma que, es una fruta oriunda de los andes peruanos cultivada desde tiempos ancestrales en los periodos incaicos y preincaicos en todo América del sur

Velásquez & Mestanza, (2003), mencionan que el tomatito nativo, tomatillo, uvilla o aguaymanto, es una planta que se originó en la vertiente occidental de los Andes entre Perú y Ecuador; es una planta silvestre, que en pocos lugares se cultiva y sus frutos que son muy apreciados por los campesinos por su sabor azucarado, que se consumen crudos o en dulces; en Cajamarca, las plantas de aguaymanto están distribuidas aisladamente, en pequeños grupos de jardines, huertos de la casa, caminos, bordes de acequias y/o chacras creciendo con otros cultivos.

2.1.2.2. Taxonomía

Ulloa & Eyder, (2013), manifiesta que el género *Physalis* pertenece a la familia *Solanaceae*, siendo la especie *Physalis peruviana* L.

2.1.2.3. Composición nutricional del aguaymanto (*Physalis peruviana*)

Peña *et al.*, (2013), manifiesta que el aguaymanto posee un fruto azucarado con un alto contenido de compuestos bioactivos como ácido ascórbico (Vitamina C), β -caroteno (provitamina A)

y fenoles, entre otros, capaces de atrapar radicales libres mejorando la defensa antioxidante del organismo, el sinergismo de estos compuestos posee un efecto antirradicalario mayor que el obtenido en forma individual.

Ramadan & Moersel, (2007)., menciona que 100 g de porción comestible de aguaymanto aportan 20 mg de ácido ascórbico y 0,2 mg de provitamina A, lo que corresponde al 65 % y el 26 % de los valores diarios de referencia (VDR) respectivamente; asimismo contiene minerales como calcio (2 % VDR/200 g), hierro y fósforo.

Según Encina *et al.* (2007), hace referencia a la composición nutricional del fruto del aguaymanto, tal como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Valor nutricional de aguaymanto por 100 g de porción comestible

Componentes	Contenido en base húmeda
Humedad	80,8 ± 0,02
Proteína	1,2 ± 0,01
Grasa	0,2 ± 0,01
Carbohidratos totales	14,9 ± 0,01
Fibra	1,78 ± 0,02
Ceniza	1,12 ± 0,01
Acidez total (ref. ác. cítrico)	2,28 ± 0,03
pH	4,08 ± 0,01
Sólidos solubles (grados brix)	12,5 ± 0,05
Azúcares reductores	2,52 ± 0,04
Índice de madurez (sólidos solubles/acidez total)	5,48 ± 0,02
Ácido ascórbico (mg)	28,55 ± 0,10
Carotenos totales (mg de β-caroteno)	1,77 ± 0,02

Fuente: Encina *et al.* (2007)

2.1.2.4. Descripción botánica

Cooman *et al.*, (2005), indica que, el género *Physalis* son plantas anuales o perennes pueden crecer desde 20 cm hasta 2 m de alto, los tricomas simples o ramificados, algunas veces glandulares, posee tallos con ramificaciones dicotómicas desde la base. Las hojas son pecioladas, alternas rara vez parecen opuestas, limbo foliar generalmente ovado, en ocasiones orbicular, lanceolado o linear lanceolado. Las inflorescencias son solitarias, rara vez fasciculadas o en falsos racimos por la reducción de los entrenudos. Los botones esféricos u ovoides, apiculados, glabros o pubescentes, los tricomas adpresos o no, simples. El fruto es de color verde, naranja, amarilla o con tonos púrpuras, de 0,8-2,5 cm de diámetro. Sus semillas numerosas, reniformes, de 1,5-2 mm de diámetro, amarillas o de color café dorado.

2.1.2.5. Características terapéuticas del aguaymanto

Peña *et al.*, (2012), manifiesta que se puede utilizar con fines terapéuticos, ayuda a purificar la sangre, tonifica el nervio óptico y alivia afecciones buco-faríngeas. Además, favorece al tratamiento de la próstata gracias a sus propiedades diuréticas y es utilizada como tranquilizante natural por su contenido de flavonoides.

2.1.2.6. Diagrama de flujo del proceso de deshidratado de Aguaymanto

Según el MEF (2016), propone un diagrama un flujo de operaciones para la elaboración de aguaymanto deshidratado como se muestra en la figura 1.

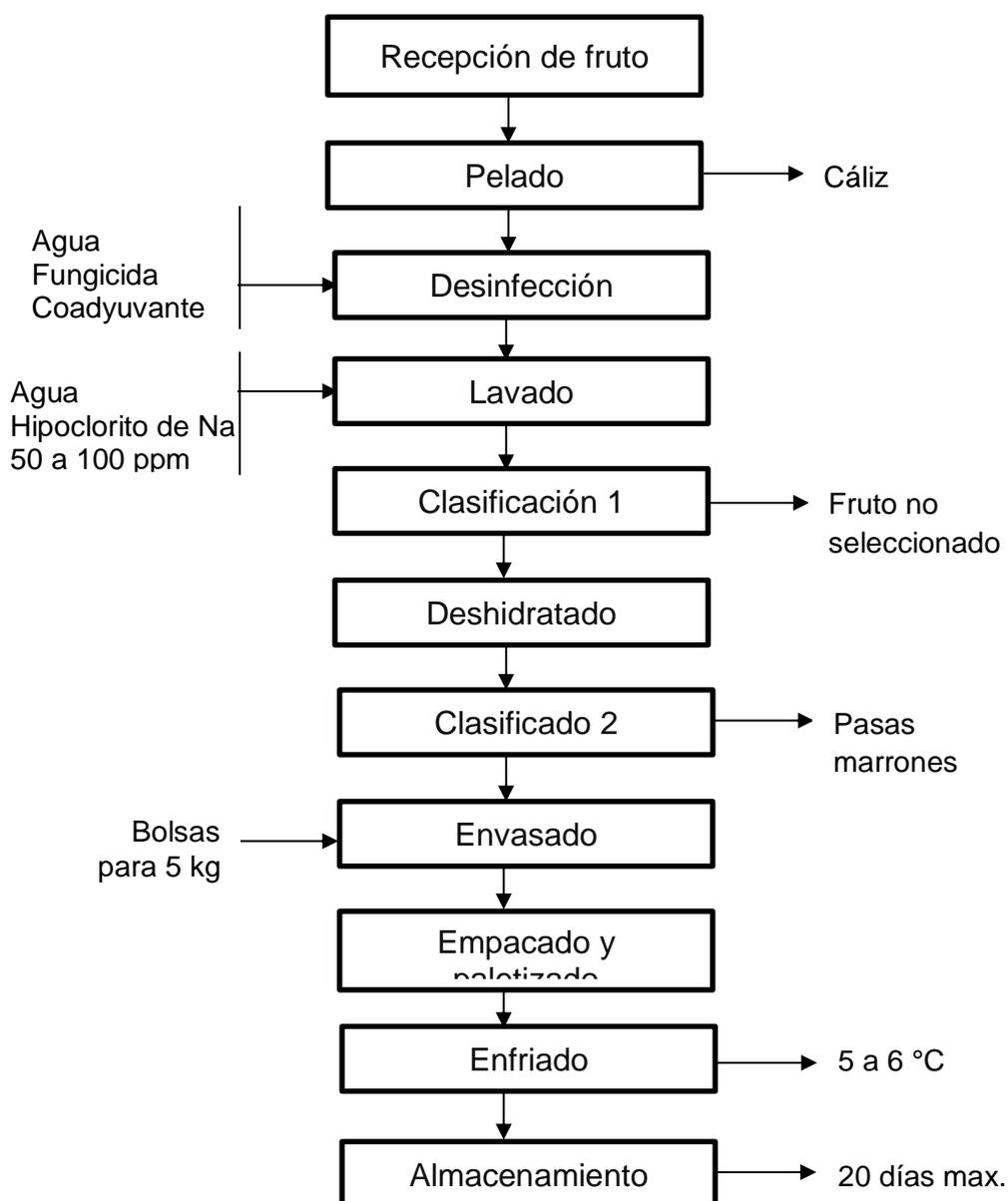


Figura 1. Flujograma del proceso de deshidratado de Aguaymanto.

Fuente: MEF (2016)

2.1.2.7. Descripción del flujo grama

Según MEF (2016), el proceso de producción de aguaymanto deshidratado, es como sigue:

- **Recepción de la fruta:** la fruta debe ser pesada, inspeccionada e iniciar rápidamente las operaciones de acondicionamiento.
- **Pelado:** operación por la cual se extrae el cáliz del fruto.
- **Desinfección:** operación que consiste en rociar el fruto sin cáliz con una solución de agua y fungicida para desinfectarlo.
- **Lavado:** Operación que consiste en lavar la fruta del fungicida utilizado para desinfectar.
- **Clasificación I:** Consiste en separar los frutos sanos y limpios en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente.
- **Deshidratación:** El deshidratado se puede realizar por varios métodos según las condiciones e infraestructura que se disponga. Se pueden utilizar secadores solares o secadores de aire forzado, la cual incrementa la velocidad de deshidratación del cáliz. Se recomendable extender el aguaymanto en capas muy delgadas o utilizar canastillas de baja capacidad para acelerar la velocidad de deshidratación.
- **Clasificación II:** Después de secado se debe clasificar en función al color, con la intención que los lotes sean homogéneos.
- **Envasado:** El aguaymanto deshidratado se envasa generalmente en bolsas transparentes de NYLDPE, con un contenido de 5 o 10 kg, cerradas al vacío.
- **Empacado y paletizado:** El empaque de las bolsas se realiza en cajas de cartón, actualmente se utilizan cajas que se empaquetan 2 bolsas de 5 kg. En un pallet se acomodan 108 cajas de 10 kg.

- **Almacenamiento:** El aguaymanto es un producto altamente perecedero, el cual se debe comercializar con rapidez. Sin embargo, la fruta se puede almacenar en condiciones ambientales adecuadas para conservar su calidad y apariencia externa durante la comercialización.

2.2. Antecedentes

Başlar *et al.*, (2014) en su investigación: “Cinética de deshidratación de filetes de salmón y trucha usando vacío ultrasónico secado como una nueva técnica”, estudió una novedosa técnica de secado de vacío con ultrasonido (USV) para acortar el tiempo de secado de filetes de pescado; el tratamiento ultrasónico y el secado al vacío se realizaron simultáneamente para deshidratar filetes de salmón y trucha a 55, 65 y 75 °C; además, se comparó la técnica USV con secado al vacío y técnicas de secado en cabina. La cinética de deshidratación de los filetes fue exitosa descrito por siete modelos de secado de capa delgada con rango R2 entre 0,944 y 1,000. Dependiente en temperaturas de secado y especies de peces, los tiempos de secado podrían acortarse usando la técnica USV entre 7.4 % y 27.4 % en comparación con el secado al vacío. La difusividad de humedad efectiva más alta era determinado en los filetes secados con la técnica USV y las temperaturas más altas de secado. El tratamiento ultrasónico aceleró el proceso de secado al vacío para los filetes; por lo tanto, esta técnica podría usarse para mejorar la eficiencia del secado al vacío para los filetes.

Sobrado & Luna, (2017) en su investigación, “Diseño y construcción del prototipo secador de vacío y su aplicación en el secado de aguaymanto (*Physalis peruviana*)”, mencionan que, las características técnicas del prototipo secador a vacío constaron de 3 partes fundamentales: cabina de secado, fuente de calentamiento y el sistema de vacío el que alcanzó a 15 kPa de presión. Los tratamientos fueron aplicados de la siguiente manera: (T₁: 10 kPa – 45° C, T₂: 15 kPa – 45 °C, T₃: 10 kPa – 50 °C, T₄: 15 kPa – 50 °C, T₅: 10 kPa – 55 °C, T₆: 15 kPa – 55 °C y el T₀: testigo secado convencional a 55 °C por 24 horas). La eficiencia del prototipo fue superior al convencional con respecto a los análisis de humedad y tiempo

de secado, siendo el T₆ de 55 °C a 15 kPa, el que obtuvo el menor contenido de humedad y tiempo; siendo superior al testigo de secado en bandejas por aire caliente. Por otro lado, la evaluación del contenido de la vitamina C, el mayor contenido fue registrado por el T₆ de 55 °C a 15 kPa de presión, superando al testigo de 55°C.

Betoret *et al.*, (2015), en su investigación: “Análisis termodinámico irreversible no lineal de cambios en la composición y estructura ocurridos durante el secado de aire y vacío en manzanas impregnadas (*cv Granny smith.*) y sus efectos en el calcio y trehalosa”, mencionan que las hojuelas de manzana se impregnaron con soluciones isotónicas de sacarosa y trehalosa con y sin calcio para ser secados con aire. En los experimentos de impregnación al vacío, el calcio y la sustitución de sacarosa por trehalosa no tuvieron efecto significativo sobre la deformación volumétrica final de las muestras. Durante el secado al aire se consideraron dos etapas de cambios. La primera de ellas duró hasta la saturación de la fase líquida intracelular, y la segunda a partir de la saturación de la fase líquida intracelular hasta al final del proceso de secado. La transferencia de masa analizó la aplicación de la termodinámica irreversible no lineal. El Flujo de agua, el potencial químico del agua y la contracción del tejido se han tenido en cuenta para describir con precisión de los fenómenos de transferencia de masa durante el secado al aire. Una definición precisa de química potencial permitió la estimación de la energía molar parcial necesario para roturas y el reversible y deformaciones irreversibles de la estructura de los tejidos acoplados con la transferencia de masa durante el secado por aire de manzana.

Uribe *et al.*, (2016) en la investigación, “Evaluación de menta seca al vacío (*Mentha piperita L.*) como fuente de antioxidantes naturales”, tuvieron como propósito estudiar el efecto de la temperatura en el proceso de secado al vacío de la *Mentha piperita L.* (50 a 90 °C). En general, los procesos de secado afectan a la calidad del producto, sin embargo, el secado a vacío trabaja bajo presiones subatmosféricas. Con el fin de investigar cómo la temperatura afecta esta hierba, en cuanto a color, clorofila, fenoles totales (TPC), total (TFC) contenido en flavonoides, actividad antioxidante por métodos DPPH y ORAC, evaluándose

complementariamente los minerales, vitamina C y azúcar contenido. Se observó un ligero cambio en el color y el contenido de clorofila en las muestras, los valores más altos para el TPC, TFC y actividad antioxidante se obtuvieron de los métodos de a 50 y 70°C sin embargo, una disminución en el contenido de vitamina C fue observado, no se encontraron minerales como K, Ca, Mg y Na. La sacarosa mostró el más alto contenido de azúcar. Este trabajo sugiere que *Mentha piperita* L. se puede utilizar como un antioxidante natural, ya sea fresca o seca.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Las características de calidad con respecto a la vitamina C y carotenos del Aguaymanto seco se conservan mejor con el uso del secador a vacío combinado con ultrasonido.

2.3.2. Hipótesis específicos

- Si utilizamos diferentes condiciones de vacío combinado con ultrasonido entonces podremos disminuir la pérdida de contenido de vitamina C y carotenos en la obtención de Aguaymanto deshidratado.
- Si utilizamos diferentes condiciones de vacío combinado con ultrasonido entonces podremos obtener menor humedad en el aguaymanto con respecto al tiempo de secado.
- Si utilizamos diferentes condiciones de vacío combinado con ultrasonido entonces podremos obtener mejores características físico-químicas del aguaymanto deshidratado.

2.4. Variables y Operacionalización de variables.

2.4.1. Variable independiente

X₁= Potencia de ultrasonido.

X₂= Presión de vacío

X₃= Temperatura de secado

2.4.2. Variable dependiente

Y₁= Rendimiento

Y₂= Contenido de humedad

Y₃= Contenido vitamina C y carotenos

Y₄= Características físico-químicas: pH, acidez y ° brix.

2.4.3. Variable interviniente

- Humedad inicial
- Área m² de secado
- Índice de madurez

2.4.4. Operacionalización de variables.

En la Tabla 2, se muestran la operacionalización de las variables para el estudio

Tabla 2: operacionalización de variables.

DEFINICION DE VARIABLES	INDICADORES
VARIABLES INDEPENDIENTES.	
X ₁ = Potencia de ultrasonido.	X₁= Potencia de ultrasonido X _{1,1} = 50 W X _{1,2} = 100 W
X ₂ = Presión de vacío	X₂= Presión de vacío X _{2,1} = 10 kPa X _{2,2} = 15 kPa X _{2,3} = testigo (sistema aire forzado)
X ₃ = Temperatura de secado	X₃= Temperatura X _{3,1} = 50 °C X _{3,2} = 55 °C X _{3,3} = testigo (sistema aire forzado 55°C)
VARIABLES DEPENDIENTES.	
Y ₁ = Contenido de vitamina C y carotenos	Y₁= Contenido de vitamina C y carotenos Y _{1,1} = mg de vitamina C /100g Y _{1,2} = mg de Carotenos /100g
Y ₂ = Contenido de humedad	Y₂= Contenido de humedad Y _{2,1} = % de Humedad
Y ₃ = Análisis Físico-químico.	Y₃= Características físico-químicas Y _{3,1} = pH Y _{3,2} = °Brix Y _{3,3} = Acidez titulable

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo al tipo de investigación pertenece a la investigación aplicada y de acuerdo al nivel pertenece a la investigación experimental.

3.2. Lugar de ejecución

El proceso de secado se realizó en las instalaciones del laboratorio de Operaciones unitarias, los análisis en los laboratorios de físico-químico y análisis por instrumentación de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial en la provincia de Huánuco, en el departamento de Huánuco.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

Población. La población en cuanto a la materia prima estuvo conformada por los frutos de aguaymanto procedentes del distrito de Chinchao de la provincia de Huánuco, de la región de Huánuco.

En cuanto al producto procesado se hace referencia al aguaymanto deshidratado con vacío y ultrasonido.

Muestra. Se trabajó con 1 kg de frutos por tratamiento, siendo un total de 9 tratamientos incluyendo al testigo, por tres repeticiones para cada tratamiento.

3.4. Tratamientos en estudio

Los factores que se analizaron fueron 3, con 2 niveles cada uno:

a = presión de vacío ($a_1 = 10$ kPa y $a_2 = 15$ kPa)

b = temperatura ($b_1 = 50$ °C y $b_2 = 55$ °C)

c = potencia ($c_1 = 50$ W y $c_2 = 100$ W)

Los tratamientos en estudio fueron en total 9 incluyendo al testigo, los que se mencionan en la tabla 3:

Tabla 3. Los tratamientos del trabajo de investigación.

Tratamientos	Descripción del tratamiento
T ₁ (a ₂ , b ₂ , c ₂)	P vacío = 15 kPa a 55 °C, y 100 W
T ₂ (a ₂ , b ₁ , c ₂)	P vacío = 15 kPa a 50 °C, y 100 W
T ₃ (a ₁ , b ₂ , c ₂)	P vacío = 10 kPa a 55 °C, y 100 W
T ₄ (a ₁ , b ₁ , c ₂)	P vacío = 10 kPa a 50 °C, y 100 W
T ₅ (a ₂ , b ₂ , c ₁)	P vacío = 15 kPa a 55 °C, y 50 W
T ₆ (a ₂ , b ₁ , c ₁)	P vacío = 15 kPa a 50 °C, y 50 W
T ₇ (a ₁ , b ₂ , c ₁)	P vacío = 10 kPa a 55 °C, y 50 W
T ₈ (a ₁ , b ₁ , c ₁)	P vacío = 10 kPa a 50 °C, y 50 W
T ₀	Testigo: bandejas de aire forzado a 55°C

3.5. Prueba de hipótesis

Hipótesis nula

H₀: No existen diferencias entre los tratamientos en estudio relacionados al uso del secado a vacío combinado con el de bandejas de aire caliente con respecto al contenido de vitamina C y carotenos del aguaymanto seco.

$$H_0: T_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = T_7 = T_8 = 0$$

Hipótesis Alternativa

H₁: Al menos uno de los tratamientos en estudio relacionados al secado de vacío combinado con ultrasonido con el de bandejas de aire caliente con respecto al contenido de vitamina C y carotenos del aguaymanto seco es diferente.

$$H_1: \text{Al menos } T_n \neq 0$$

3.5.1. Diseño de la investigación

Para el caso de las variables continuas, las que se ajustan a la evaluación del contenido de vitamina C y carotenos, y las características físico químicas, se utilizó un DCA con arreglo factorial de 3 x 2, el que hace

referencia a 3 factores y cada factor con 2 niveles, los que se expresan de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + j_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha j)_{ik} + (\beta j)_{jk} + (\alpha\beta j)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} :	Contenido de vitamina C encontrado en el aguaymanto sometido a la k-ésima potencia, j-ésima temperatura y al i-ésimo vacío con ultrasonido.
μ :	Efecto de la media general.
α_i :	Efecto del i-ésimo nivel de vacío.
β_j :	Efecto del j-ésimo nivel de temperatura.
j_k :	Efecto del k-ésimo nivel de potencia
$(\alpha\beta)_{ij}$:	Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de vacío y el j-ésimo nivel de temperatura.
$(\alpha j)_{ik}$:	Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de vacío y el k-ésimo nivel de potencia.
$(\beta j)_{jk}$:	Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de temperatura y el k-ésimo nivel de potencia.
$(\alpha\beta j)_{ijk}$:	Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de vacío, el j-ésimo nivel de temperatura y el k-ésimo nivel de potencia.
ε_{ijk} :	Error experimental.

Para la comparación de medias de tratamientos se utilizó la prueba de comparación TUKEY a los niveles de 0.05 de probabilidades que corresponde al 95%.

3.5.1.1. Datos a registrar

Se registró el resultado obtenido de los análisis del contenido de vitamina C, carotenos y características físico-químicas con respecto al aguaymanto.

3.5.1.2. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información.

La información se obtuvo mediante datos de fuentes secundarias y datos de fuentes primarias.

Para la obtención de datos de las fuentes secundarias, se utilizó la técnica de investigación documental o bibliográfica que comprendió:

- **Análisis documental:** permitió el análisis del material a estudiar y precisarlo desde un punto de vista formal y luego desde su contenido.
- **Análisis de contenido:** se estudió y analizó de una manera objetiva y sistemática el documento leído.
- **Fichaje:** se utilizó para registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y que ordenadas sistemáticamente nos sirvieron de valiosa fuente para elaborar el marco teórico, donde los instrumentos de investigación fueron las fichas de investigación (comentario y resumen), fichas de registro (Bibliográficas, hemerográficas e internet).

Así mismo se utilizaron otros instrumentos como memorias USB, CDs, DVDs y otros medios de almacenamiento.

De la misma manera, se obtuvieron los datos de las fuentes primarias, utilizando la técnica de la observación e investigación, esta técnica nos permitió obtener información sobre los indicadores de las variables dependientes

Los instrumentos utilizados serán los equipos y materiales mencionados en los métodos a empleados en la investigación, una libreta de apuntes y una computadora que procesó los datos.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Materia prima

Frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*).

3.6.2. Materiales

- Envase de vidrio, termómetro, cocina semi – industrial, baldes, tapas para el envase de vidrio, bolsas plásticas para envasado y Vacuometro.

3.6.3. Equipos

- Secador de vacío (desarrollado en la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial)
- Sistema de ultrasonido con cabezal de 40 khz de 100 w y 50 w de potencia
- Espectrofotómetro UV visible, modelo UV Genesis 10s, marca: Thermos
- Cromatografía líquida de alta performance (HPLC por sus siglas en inglés) con detector DAD, modelo: EPH34 marca: KNAUER.

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación, está secuenciado desde la caracterización de la materia prima hasta la evaluación de las características físico-químicas para la obtención de Aguaymanto deshidratado en condiciones de vacío y sonicación (USV), como se muestra en la figura 2.

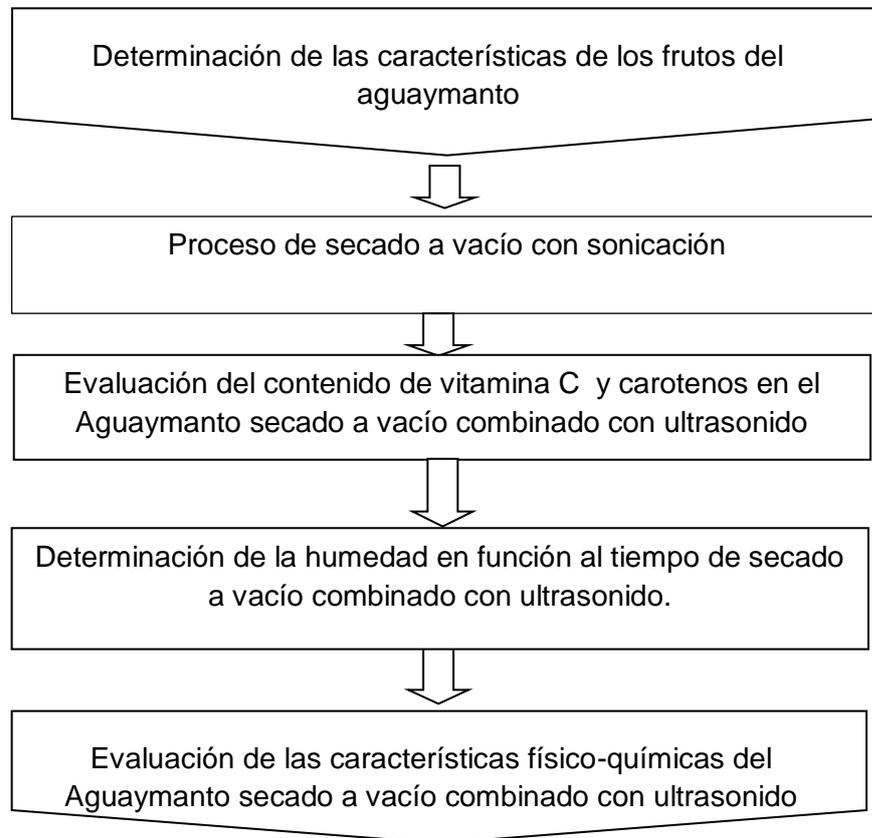


Figura 2. Conducción de la investigación

3.7.1. Determinación de las características del fruto de aguaymanto

Esta etapa consistió en identificar las características biométricas, físico-químicas como pH, Acidez y grados brix de los frutos que se utilizaron en el proyecto, de acuerdo a los procedimientos basados en la 945.27/90 de la AOAC (2008).

3.7.2. Proceso de secado a vacío con sonicación

Para el secado con diferentes tratamientos se evaluaron siguiendo el diagrama de flujo, de la figura 3.

- **Recepción de la fruta:** se recibió el aguaymanto teniendo en cuenta el índice de madurez de color anaranjado y nivel de conservación.
- **Pesado 1:** se pesó el fruto de aguaymanto con su capullo o cáscara, la cual permitió determinar el rendimiento de la fruta, que a su vez fue inspeccionada para iniciar rápidamente las operaciones de acondicionamiento.
- **Descalizado:** en esta operación se desprendió el cáliz o capullo del fruto de aguaymanto.
- **Pesado 2:** esta operación consistió en pesar el fruto pelado de aguaymanto, es decir sin su capullo, la cual nos permitió determinar el rendimiento de la fruta.
- **Lavado / Desinfectado:** la operación de lavado consistió en rociar con agua el fruto sin cáliz. Luego se sumergió en una tina de agua con hipoclorito de sodio a 100ppm por un tiempo de 10 min. una vez cumplido el tiempo se enjuagó con abundante agua.
- **Selecionado:** Consistió en separar los frutos sanos y limpios en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente, asimismo se separaron los frutos magulladas y rajados con buen estado de madurez.
- **Secado:** se utilizó el secador a vacío combinado con ultrasonido, el aguaymanto se colocó en capas muy delgadas, los que fueron sometidos a 6 horas de secado a diferentes parámetros de presión, temperatura y potencia.
- **Clasificado:** Una vez terminado la operación de deshidratado se realizó una clasificación en función al color, con la intención que los frutos secos sean homogéneos.
- **Envasado:** El aguaymanto deshidratado se envasó en bolsas de polietileno de acuerdo a los rendimientos logrados.

- **Almacenamiento:** la fruta seca se almacenó en condiciones ambientales adecuadas para conservar su calidad.

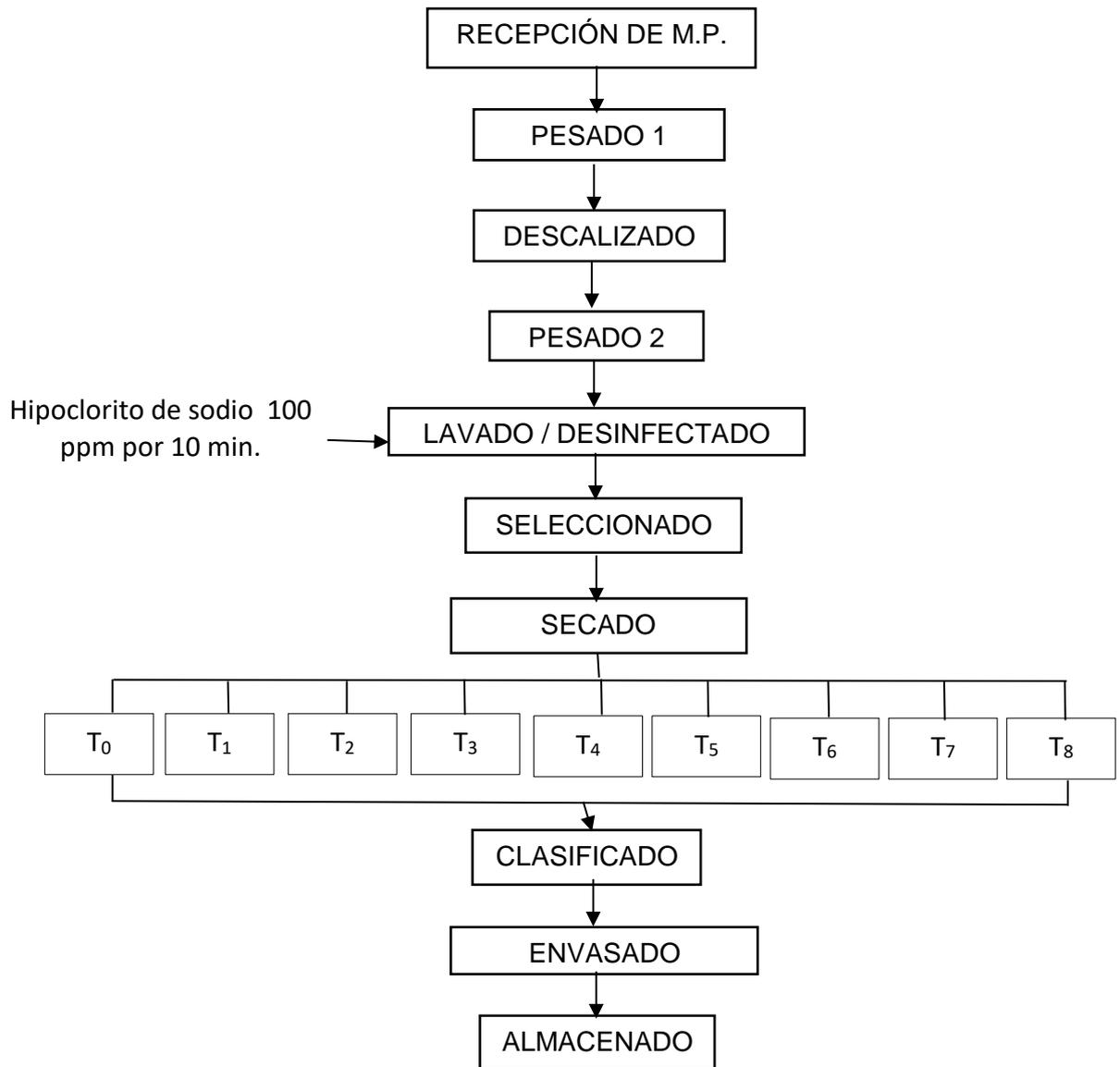


Figura 3. Flujograma de operaciones para la obtención de aguaymanto seco.

3.7.3. Evaluación del contenido de vitamina C y carotenos

Para la evaluación del contenido de vitamina C se empleó la cromatografía líquida de alta performance y para carotenos por espectrofotometría UV visibles, a todos los tratamientos incluyendo el testigo.

En el caso de la vitamina C la metodología estuvo basada en la cromatografía líquida de alta performance utilizada por Pertuzatti *et al.* (2015), se inició pesando 10 gramos de muestra molida de aguaymanto seco y se adicionó 30 mL de ácido meta fosfórico (4,5 % en agua ultrapura), se homogenizó y se dejó reposar por 1 hora protegiéndolo de la luz, luego se transvasó a un matraz de 50 mL y se completó con agua ultrapura. Finalmente se filtró y centrifugó la muestra a 10000 rpm por 10 min a 4 °C para ser transferido a los viales de 1.5 mL y lecturados por el cromatógrafo líquido.

Para la medición de los carotenos se basó en la metodología aplicada por Sumanta (2014), por espectrofotometría UV visible, se realizó la preparación de los extractos pesando 1 g de muestra y colocó en 6 mL de solvente acetona y se homogenizó centrifugándose durante 15 minutos a 4 °C a 10000 rpm, luego se analizó en el espectrofotómetro a las absorbancias requeridas.

3.7.4. Determinación de la humedad en función al tiempo de secado a vacío combinado con ultrasonido

Esta etapa consistió en medir la humedad alcanzada de los tratamientos según los protocolos basados en el AOAC 940.28 después de 8 horas de secado.

De acuerdo al Procedimiento de la AOAC (2000):

- Se pesó de 2 a 5 g de la muestra asignada sobre un crisol de porcelana previamente tarado, el cual debe siempre manejarse con pinzas.
- Para la muestra solida se redujo a pequeños fragmentos y pesó rápidamente.
- Se llevó el crisol a la estufa de desecación calentada a 100 – 105 °C.
- Después de aproximadamente 24 horas de calentamiento, se enfrió el crisol en un desecador.

- Se Pesó el crisol rápidamente y se repitió hasta lograr peso constante.
- Se calculó el porcentaje de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_i - P_f)}{P_f} \times 100$$

Pi = peso de la muestra antes del secado

Pf = peso de la muestra después del secado

3.7.5. Evaluación de las características físico-químicas del aguaymanto secado a vacío combinado con ultrasonido

Esta etapa consistió en identificar las características físico-químicas según los protocolos basados en el AOAC (2000) para la Acidez, pH y sólidos solubles de los frutos secos.

La *acidez titulable* es el porcentaje de peso de los ácidos contenidos en el producto. Se determina por el análisis conocido como titulación, que es la neutralización de los iones de hidrogeno de ácido con una solución de hidróxido de sodio de concentración conocida. Este álcali se adicionara con una bureta pues verticalmente es un soporte universal.

La neutralización de los iones de hidrogeno o acidez se mide por medio del pH. El ácido se neutraliza con base a un pH de 8.3. El cambio de la acidez a la alcalinidad se puede determinar con un indicador o con un potenciómetro. El indicador es una sustancia química, como la fenolftaleína, que de diferentes tonalidades de color rojo para los distintos valores de pH. La fenolftaleína va de incolora a rosa cuando el medio alcanza un pH de 8.3.

Para determinar la titulación la acidez de la muestra se efectúan las siguientes operaciones:

- Se llenó una bureta con una solución de hidróxido de sodio, equivalente a 0.1 mol de este álcali. Esta es una solución 0.1 N.
- Se tomó la lectura de la cantidad de la solución de la bureta.
- Se introdujo en un frasco Erlenmeyer 5 g de la muestra en forma de solución.
- Se adicionó 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador.
- Se adicionó gota por gota la solución de hidróxido de sodio. Al mismo tiempo se gira el Erlenmeyer con la muestra lentamente.
- Cuando aparece el color rosa, se sigue girando el frasco por 15 segundos para ver si el color permanece, se determina la titulación.
- Se tomó la lectura en la bureta y se calcula la cantidad de hidróxido de sodio usada para neutralizar la acidez de la muestra.

Para el cálculo de la acidez titulable

La acidez del producto se expresó como el porcentaje de peso del ácido cítrico que se encuentra en la muestra. El cálculo de la acidez titulable se efectúa mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{A \times B \times C}{D} \times 100$$

Dónde:

A = Cantidad en mililitros de álcali o sosa usada.

B= normalidad de la sosa usada.

C= pesado equivalente expresado en gramos del ácido predominante en el producto.

D= peso de la muestra en miligramos.

Para la medición del *pH* se inicia con la Calibración del pHmetro Digital

Una vez calibrado se procedió a la medición del pH como detallan los siguientes pasos:

- 8. Obtener la pulpa de la fruta y verter sobre un vaso de precipitado de 100ml ó 250ml.
- 9. Ahora sumergir el pHmetro digital
- 10. Encender el pHmetro y esperar hasta que el resultado sea un numero constante.

La metodología para medición de *sólidos solubles* expresado en ° Brix inició con la calibración del Refractómetro

- Poner una o dos gotas de agua destilada sobre el prisma.
- Cubrir el prisma con la tapa con cuidado.
- Al cerrar, la muestra debe distribuirse sobre la superficie del prisma. Una vez ubicada el agua destilada, ésta debe ser cubierta con la tapa de acrílico, que además debe ser movida ligeramente para conseguir repartir más homogéneamente.
- Orientando el aparato hacia una fuente de luz (generalmente solar), mirar con el ojo a través del campo visual.
- En el campo visual, se verá una transición de un campo claro a uno oscuro. Con un destornillador graduar el límite en cero.
- Luego abrir la tapa y limpiar la muestra del prisma con un pedazo de papel toalla o algodón limpio y mojado. Ahora el refractómetro está listo para ser usado.

Seguidamente para la medición de los sólidos solubles, se realizaron las siguientes operaciones:

- Poner una o dos gotas de la muestra sobre el prisma.
- Cubrir el prisma con la tapa con cuidado.
- Al cerrar, la muestra debe distribuirse sobre la superficie del prisma. Se debe evitar la formación de burbujas de aire, ya que estas podrían tener un efecto negativo en el

resultado de la medición. Una vez ubicada la muestra, ésta debe ser cubierta con la tapa de acrílico, que además debe ser movida ligeramente para conseguir repartir más homogéneamente la muestra analizada.

- Orientando el aparato hacia una fuente de luz (generalmente solar), mirar con el ojo a través del campo visual.
- En el campo visual, se verá una transición de un campo claro a uno oscuro. Leer el número correspondiente en la escala, éste representa los °Brix.
- Luego abrir la tapa y limpiar la muestra del prisma con un pedazo de papel o algodón limpio y mojado.
- Con ayuda de la información bibliográfica sobre la fruta el alumno podrá comparar y discutir.

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS FRUTOS DE AGUAYMANTO

Los resultados del análisis biométrico de los frutos de aguaymanto en promedio se muestran en la tabla 4 donde se puede notar los contenidos de vitamina C y carotenos del fruto fresco de aguaymanto.

Tabla 4. Pesos promedio, longitud y diámetro del aguaymanto

Característica	Detalle
Enteros (g)	5,5 ±1,63
Piel (g)	0,34 ±0,123
Pulpa (g)	4,55 ± 1,48
Semilla (g)	0,61 ± 0,24
Diámetro (cm)	1,71 ± 0,29
pH	3,72 ± 0.53
Índice de Madurez (SS / % acidez)	13,5/ 2,05 = 6,58
Vitamina C (mg/100g)	31,47 ± 1,23
Carotenos (mg/100g)	2,74 ± 1,75

Asimismo, la evaluación de las características biométricas fueron medidas con respecto a peso en gramos de frutos enteros, piel, pulpa y semilla; y con lo que respecta a diámetro se midió en centímetros.

4.2. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA VITAMINA C Y CAROTENOS

4.2.1. Del contenido de vitamina C

De acuerdo a la aplicación del diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial de 2x3, se realizó el análisis por factores demostrándose que según el análisis de varianza existe diferencias significativas en todos los tratamientos y combinaciones.

Es que en el análisis de cada factor (a = presión de vacío, b = temperatura y c = potencia) se puede apreciar que las diferencias estadísticas se cumplen para los 3 factores de manera individual, como se muestra en la tabla 5 expresados como promedio \pm SD, n=3.

Tabla 5. Análisis de factores individuales

Tratamiento	Vit. C (mg/100g)*
a ₁	15,01 \pm 27,16 ^a
a ₂	14,69 \pm 26,79 ^b
b ₂	29,70 \pm 31,21 ^a
b ₁	0,00 \pm 0,00 ^b
c ₂	29,70 \pm 31,21 ^a
c ₁	0,00 \pm 0,00 ^b

* Resultados expresados como promedio \pm SD, n=3.

Asimismo, para las combinaciones de los factores (ab, bc y ac), se puede notar una clara diferencia entre los tratamientos en estudio, pudiéndose constatar que la interacción a₁b₂ el contenido más alto de vitamina C en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis de los factores de 2 combinaciones

Tratamiento	Vit. C (mg/100g)*
a ₁ b ₁	0,00 ± 0,00 ^c
a ₁ b ₂	30,02 ± 32,89 ^a
a ₂ b ₁	0,00 ± 0,00 ^c
a ₂ b ₂	29,38 ± 32,57 ^b
b ₁ c ₁	0,00 ± 0,00 ^b
b ₁ c ₂	0,00 ± 0,00 ^b
b ₂ c ₁	0,00 ± 0,00 ^b
b ₂ c ₂	59,40 ± 5,12 ^a
a ₁ c ₁	0,00 ± 0,00 ^c
a ₁ c ₂	30,02 ± 32,89 ^a
a ₂ c ₁	0,00 ± 0,00 ^c
a ₂ c ₂	29,39 ± 32,57 ^b

* Resultados expresados como promedio ± SD, n=3.

Los tratamientos finales muestran que existen diferencias significativas entre el análisis de los 3 factores y aplicados a la prueba tukey pudiéndose notar que, si existe diferencias significativas incluyendo al testigo siendo la interacción a₂, b₁, c₁ la que obtuvo la mayor cantidad de vitamina C, tal como se muestra en la tabla 7:

Tabla 7. Análisis estadístico del contenido de vitamina C en 3 factores

Tratamiento	Vit. C (mg/100g)*
T ₀	44,18 ± 7,69 ^b
T ₁ (a ₂ , b ₂ , c ₂)	0,00 ^c
T ₂ (a ₂ , b ₁ , c ₂)	0,00 ^c
T ₃ (a ₁ , b ₂ , c ₂)	0,00 ^c
T ₄ (a ₁ , b ₁ , c ₂)	0,00 ^c
T ₅ (a ₂ , b ₂ , c ₁)	0,00 ^c
T ₆ (a ₂ , b ₁ , c ₁)	60,03 ± 1,61 ^a
T ₇ (a ₁ , b ₂ , c ₁)	0,00 ^c
T ₈ (a ₁ , b ₁ , c ₁)	58,77 ± 7,87 ^a

* Resultados expresados como promedio ± SD, n=3.

4.2.2. Del contenido de carotenos

El análisis de factores demuestra, que los resultados con respecto al contenido de carotenoides analizados, poseen diferencias significativas en los tratamientos como se puede apreciar en el anexo 1 en el análisis de varianza. Por otro lado, podemos notar la diferencia entre los factores de forma independiente (a = presión de vacío, b = temperatura y c= potencia) los que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis de factores individuales

Tratamiento	Carotenos (mg/100g)*
a ₁	3,21 ± 0,65 ^a
a ₂	3,05 ± 0,93 ^b
b ₂	3,54 ± 0,81 ^a
b ₁	2,73 ± 0,56 ^b
c ₁	3,63 ± 0,55 ^a
c ₂	2,63 ± 0,68 ^b

* Resultados expresados como promedio ± SD, n=3.

Asimismo, para las combinaciones de los factores (ab, bc y ac), se puede notar una clara diferencia entre los tratamientos en estudio, pudiéndose notar que los carotenos están en un rango mínimo de $2,12 \pm 0,40$ de la combinación de b_1c_2 y un valor promedio alto de $3,94 \pm 0,20$ de la combinación b_2c_1 , como se puede notar en la tabla 9.

Tabla 9. Análisis de los factores de 2 combinaciones

Tratamiento	Carotenos (mg/100g)*
a ₁ b ₁	$3,19 \pm 0,77$ ^b
a ₁ b ₂	$3,23 \pm 0,59$ ^b
a ₂ b ₁	$2,26 \pm 0,57$ ^c
a ₂ b ₂	$3,84 \pm 0,34$ ^a
b ₁ c ₁	$3,33 \pm 0,63$ ^b
b ₁ c ₂	$2,12 \pm 0,40$ ^c
b ₂ c ₁	$3,94 \pm 0,20$ ^a
b ₂ c ₂	$3,13 \pm 0,51$ ^b
a ₁ c ₁	$3,83 \pm 0,08$ ^a
a ₁ c ₂	$2,59 \pm 0,12$ ^c
a ₂ c ₁	$3,43 \pm 0,75$ ^b
a ₂ c ₂	$2,67 \pm 1,01$ ^c

* Resultados expresados como promedio \pm SD, n=3.

Con respecto al análisis global de la combinación de los 3 factores, se puede apreciar que los tratamientos T₁, T₂ y T₄ alcanzaron el mejor contenido de caroteno, además que fueron los que tenían mayor potencia (100 W) como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10. Análisis estadístico del contenido de carotenos

Tratamiento	Carotenos (mg/100g)*
T ₀	1,51 ± 0,13 ^d
T ₁ (a ₂ , b ₂ , c ₂)	3,88 ± 0,09 ^{ab}
T ₂ (a ₂ , b ₁ , c ₂)	3,78 ± 0,02 ^{ab}
T ₃ (a ₁ , b ₂ , c ₂)	2,77 ± 0,21 ^c
T ₄ (a ₁ , b ₁ , c ₂)	4,09 ± 0,16 ^a
T ₅ (a ₂ , b ₂ , c ₁)	3,57 ± 0,23 ^b
T ₆ (a ₂ , b ₁ , c ₁)	2,69 ± 0,01 ^c
T ₇ (a ₁ , b ₂ , c ₁)	1,77 ± 0,07 ^d
T ₈ (a ₁ , b ₁ , c ₁)	2,49 ± 0,07 ^c

* Resultados expresados como promedio ± SD, n=3.

4.3. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA HUMEDAD

Los resultados en cuanto al contenido de humedad en los tratamientos sometidos al proceso de secado al vacío con ultrasonido continuo, fueron sometidos al mismo tiempo por 8 horas, los mismos que presentaron diferencias significativas considerando un error de 0.05 entre los tratamientos, siendo los tratamientos T₁ y T₃ los que alcanzaron la menor humedad, los que se pueden apreciar en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis estadístico del contenido de humedad

Tratamientos	Humedad (%) *
T ₁ (a ₂ , b ₂ , c ₂)	11.03 ± 0.01 ^a
T ₂ (a ₂ , b ₁ , c ₂)	15.89 ± 0.09 ^b
T ₃ (a ₁ , b ₂ , c ₂)	12.94 ± 0.09 ^a
T ₄ (a ₁ , b ₁ , c ₂)	41.41 ± 2.70 ^d
T ₅ (a ₂ , b ₂ , c ₁)	19.92 ± 0.05 ^c
T ₆ (a ₂ , b ₁ , c ₁)	20.1800 ± 0.0556 ^c
T ₇ (a ₁ , b ₂ , c ₁)	19.9533 ± 0.0550 ^c
T ₈ (a ₁ , b ₁ , c ₁)	36.8767 ± 0.0907 ^d

* Resultados expresados como promedio ± SD, n=3.

4.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.

4.4.1. pH, °Brix y Acidez

Como se aprecia en la tabla 12, existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Por otro lado, se puede apreciar que el tratamiento T₂ y T₁, fueron los que alcanzó el menor pH.

En cuanto a los °Brix que existen diferencias significativas entre los tratamientos, se evidencia que los tratamientos T₆, T₂, T₅ y T₁, fueron los que alcanzaron el mayor contenido de sólidos solubles.

En cuanto a la acidez, no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Por otro lado, se puede apreciar que los tratamientos T₁ y T₃, los que menor contenido de acidez registraron.

Tabla 12. Promedios de Análisis Físico-químico

Tratamientos	Promedio pH	Promedio °Brix	Promedio Acidez
T ₁ (a ₂ , b ₂ , c ₂)	3.71 ± 0.01 ^a	36.98 ± 0.11 ^{abc}	10.03 ± 0.00 ^a
T ₂ (a ₂ , b ₁ , c ₂)	3.70 ± 0.02 ^a	38.63 ± 0.06 ^a	10.19 ± 0.00 ^a
T ₃ (a ₁ , b ₂ , c ₂)	3.81 ± 0.01 ^b	36.93 ± 0.08 ^{bc}	10.03 ± 0.00 ^a
T ₄ (a ₁ , b ₁ , c ₂)	3.82 ± 0.02 ^b	32.66 ± 0.31 ^e	10.27 ± 0.00 ^a
T ₅ (a ₂ , b ₂ , c ₁)	4.06 ± 0.01 ^e	38.52 ± 0.10 ^{ab}	10.21 ± 0.00 ^a
T ₆ (a ₂ , b ₁ , c ₁)	3.88 ± 0.01 ^c	38.63 ± 0.39 ^a	10.23 ± 0.00 ^a
T ₇ (a ₁ , b ₂ , c ₁)	4.05 ± 0.01 ^e	32.74 ± 0.23 ^{de}	10.22 ± 0.00 ^a
T ₈ (a ₁ , b ₁ , c ₁)	3.94 ± 0.01 ^d	35.38 ± 0.30 ^{cd}	10.24 ± 0.01 ^a

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUAYMANTO

Según Repo & Encina (2008), aseveran que el aguaymanto en fruto tiene ácido ascórbico 43.3mg/100g y el contenido de carotenoides de 2.64mg/100g, siendo muy similar al reporte de nuestra investigación de 31.47mg/100g y 2.74mg/100g respectivamente.

Además, en cuanto a las características biométricas que reporta la investigación según Atencia & Picón (2016), se registra una similitud a los encontrados en la región Huánuco. De acuerdo al análisis biométrico los frutos de aguaymanto en promedio sin cáliz obtuvieron un diámetro 1.71 cm clasificándose como calibre “mediana” tal como lo dispone la norma técnica ecuatoriana de frutos frescos de uvilla. (INEN, 2009).

Asimismo, el índice de madurez relacional de las frutas fue de 6.07, los que, según Mendoza Ch, Rodríguez de S, & Millán (2012) citado por Restrepo (2013) manifiesta que la Uchuva obtuvo un brix de 13 % y una acidez de 2% obteniendo un índice de madurez relacional de 6.5. Por otro lado, Gutierrez et al., (2007) caracterizo la uchuva encontrando de 20 a 32 mg de ácido ascórbico en productos fresco, siendo similar al reporte de la investigación.

5.2. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA C Y CAROTENOS DEL DESHIDRATADO DE AGUAYMANTO

5.2.1. Evaluación del contenido de la Vitamina C

De acuerdo al análisis de varianza de la aplicación ultrasónica como pretratamiento para obtener el aguaymanto deshidratado se encontraron diferencias significativas, considerando que a mayor potencia de ultrasonido se degrada la vitamina.

En el caso de los tratamientos T₈ y T₆ fueron los únicos tratamientos que reportaron un contenido de vitamina C por encima de 55mg/100g, y en el resto de los casos se perdió la vitamina. Por otro lado, Colina (2010)

manifiesta que, el secado al vacío se recomienda en frutas que requieren conservar sus micronutrientes.

Según Tenesaca (2011), reportó en deshidratado de uchuva un contenido de ácido ascórbico de 95,02mg/100g en condiciones de aire caliente en bandejas a 60°C. perdiendo más vitamina cuando elevamos la temperatura. Por otro lado, la evaluación del contenido de la vitamina C de la investigación, registró que el mayor contenido de ácido ascórbico fue de 60,033 mg/100g del tratamiento T₆ de 50 °C a 15 kPa de presión de vacío, superando al T₀ a 55 °C, notándose que si afecta el ultrasonido al contenido de vitamina C. La degradación del ácido ascórbico probablemente se atribuye a los procesos de oxidación generado durante tratamientos ultrasónicos, como lo reporta Ordoñez *et al.* (2017).

Betoret *et al.*, (2015), durante el secado de manzana al aire se consideraron dos etapas de cambios. La primera de ellas duró hasta la saturación de la fase líquida intracelular y la segunda a partir de la saturación de la fase líquida intracelular hasta al final del proceso de secado.

5.2.2. Evaluación del contenido de carotenos

Se realizó la medición del contenido de carotenoides destacando los tratamientos T₁, T₂ y T₄. Por otro lado, Castro *et al.* (2008), en su investigación, de Secado de uchuva (*Physalis peruviana* L) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación, hace referencia que en la fruta tratada con aire caliente a 60 °C y pretratada con Deshidratación Osmótica, se obtiene una pérdida total de β-caroteno del 98 %.

Da Silva Junior *et al.*, (2018), en el secado de muestras de papaya mostraron una reducción de su contenido de carotenoides. Esto debido a la exposición a altas temperaturas y al tiempo de procesamiento, ya que estos compuestos son altamente inestables y susceptibles de degradación o isomerización. Así que, en la investigación del secado a vacío de aguaymanto también se registró una disminución del contenido de carotenos totales.

La tendencia de aumento de carotenos reportado por Ordoñez *et al.*, (2017), en el jugo de aguaymanto, utilizando ultrasonido con una frecuencia de 42 kHz y potencia ultrasónica máxima de 240 W. El aumento significativo en carotenoides (b-caroteno, a-caroteno, b-crioxantina, zeaxantina y licopeno) en todas las muestras de jugo de aguaymanto tratado con ultrasonido a 10, 20 y 40 minutos, fue de 24.84 a 90.20% en β -caroteno, 39.91 a 96.24% en α -caroteno, 36.16 a 92.52% en b-cryotxanthin, 25 a 73.80% en zeaxanthin y 38.36 a 117,81% en licopeno, respectivamente. El aumento de carotenoides libres en el jugo de aguaymanto tratados con ultrasonido podría explicarse por la ruptura mecánica de la pared celular, lo que permite la liberación de estos compuestos, junto con la inactivación de la enzima lipoxigenasa debido a los procesos de cavitación.

5.3. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Según Colina (2010) manifiesta que las tecnologías de secado de vacío pueden llegar a bajos valores de humedad sin sufrir daño. Es así que los niveles de humedad más bajos logrados en 6 horas, fueron los tratamientos T1 y T3, que alcanzaron valores de 11.03% y 12.93%.

Por otro lado, Según INEN (2015) la Norma Técnica Ecuatoriana de productos deshidratados: zanahoria, zapallo, uvilla (Aguaymanto) establece que el límite máximo de humedad es de 12%, acercándose para el caso los tratamientos T1 y el T3 con 11.033 % y 12.936 % respectivamente.

Al respecto Monteiro *et al.* (2015). en sus resultados experimentales mostraron que es posible producir frutos secos y verduras con características similares (crujientes y crunch) a los producidos a partir de un proceso de liofilización, y que para que sean más crujientes su nivel de humedad será más bajo, pudiéndolo lograr fácilmente con un secador de vacío.

Gallego-Juarez *et al.*, (1999), en sus reportes de investigación de deshidratación con vibración ultrasónica y presión estática, menciona que,

no solo es proceso es más rápido y consume menos energía que el proceso convencional, sino que es más potente pudiendo llegar la humedad final cerca del 1%

5.4. DE LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

5.4.1. pH.

En cuanto al estudio realizado del nivel de pH resaltan los tratamientos T2 y T1 los que conservaron mejor su pH. Por otro lado, pH tiende a bajar con referencia a los tratamientos de mayor potencia.

Al respecto Tenesaca (2011) manifiesta que el nivel de pH de la uchuva deshidratada a 60°C fue de 3,72, encontrándose nuestro resultado acorde a lo reportado por el autor. Asimismo, según se Gamboa (2013) manifiesta que el efecto del ultrasonido con sonda en el pH, la conductividad eléctrica y la textura sobre los tejidos vegetales observaron una disminución en el pH del agua de escaldado, un aumento de la conductividad eléctrica por pérdida de electrolitos y modificaciones en la textura.

5.4.2. Brix.

Tenesaca (2011), que el porcentaje de azúcares totales de la uchuva deshidratada a 70°C fue de 56.81%. Y en cuanto al estudio que realizamos alcanzo niveles de °Brix por encima de 32%.

Así mismo se puede apreciar que a mayor presión de vacío hay un ligero aumento de los sólidos solubles. Al respecto Gamboa (2013), asevera que los efectos mecánicos de los ultrasonidos, producen la formación de microcanales en la estructura del alimento, junto con la presión osmótica y estos conllevan a la aceleración de la pérdida de agua y ganancia de sólidos.

5.4.3. Acidez.

Tenesaca (2011), que el porcentaje de acidez de la uchuva deshidratada a 70°C fue de 3,00. Y en cuanto al estudio que realizamos se obtuvo uno más elevado por encima de 10%.

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de acidez, sin embargo, según Porras *et al.*, (2011) manifiesta que el uso de ultrasonido a una frecuencia de 25 kHz y un tiempo de 60 minutos sobre la pulpa de mango, registro un aumento de la acidez, probablemente debido a la degradación del oxígeno disuelto producido por la cavitación derivado del efecto del ultrasonido.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró evaluar las características del fruto fresco del aguaymanto encontrándose aceptable frente a las referencias de otros países.
- En cuanto a la evaluación de la Vitamina C, se demostró que a mayor temperatura y potencia existe pérdida de vitamina C, atribuyéndose este fenómeno a los procesos de oxidación generado por el ultrasonido.
- En cuanto al contenido de carotenos los tratamientos registraron menores pérdidas en comparación con la vitamina C afectando siempre la potencia y temperatura del secado a vacío con ultrasonido; pudiendo influir las altas temperaturas y el tiempo prolongado del proceso.
- En cuanto al contenido de humedad se identificaron los parámetros de aplicación USV (ultrasonido con vacío) en relación a los que se desecaron más rápido, siendo los más óptimos el T₁ y T₃, efecto que se atribuye a la formación de microcanales producidos en los tejidos producto del uso del ultrasonido.
- Las características físico-químicas de pH, °Brix y acidez, estuvieron con valores aceptables con respecto a las frutas agrídulces deshidratadas, y relacionadas a los efectos producidos por los ultrasonidos de alta potencia y baja frecuencia.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar el costo operativo de la tecnología de secado de vacío con respecto al convencional, para validar los procesos de transferencia tecnológica como innovación.
- Evaluar la eficiencia del prototipo secador a vacío y ultrasonido con otras materias primas de interés comercial.
- Evaluar los frutos de aguaymanto de diferentes condiciones climáticas en la región Huánuco y el país.
- Evaluar el efecto del ultrasonido en los procesos de secado con respecto al análisis microbiológico.

VIII. LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2000). International: "Official Methods of Analysis". 17^aed. Gaithersburg, USA.
- Atencia R., D y Picón F., E. (2016). Evaluación De Vitamina C, B-Caroteno Y Las Características Microbiológicas Durante El Almacenamiento En La Bebida De Aguaymanto (*Physalis peruviana*) con aplicación ultrasónica. EAP. Ingeniería Agroindustrial. UNHEVAL. Huánuco – Perú
- Başlar, M., Kiliçli, M., & Yalinkiliç, B. (2014). Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics sonochemistry*,
- Brennan, J.G. (2006). Manual del Procesado de los Alimentos. Edición en lengua española. Editorial Acribia. Zaragoza. España
- Betoret E. *et al.* (2014). Analysis by non-linear irreversible thermodynamics of compositional and structural changes occurred during air drying of vacuum impregnated apple (cv. Granny smith): Calcium and trehalose effects. *Journal of Food Engineering - ELSEVIER*. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Piazza Goidanich 60, 47023 Cesena, Italy b Institute of Food Engineering for Development, Department of Food Technology, Universitat Politècnica de Valencia. España.
- Castro, A. M., Rodriguez, L., & Vargas, E. M. (2008). Secado de Uchuva (*Physalis peruviana* L) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación. *Vitae*, 15(2), 226-231.
- Colina Irezabal, M. L. (2010). Deshidratación de Alimentos. Primera Edición. Edit. Trillas. México.
- Cooman, A., Torres, C., & Fischer, G. (2005). Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agronomía colombiana*, 23(1), 74-82.

- Da Silva Junior, E. V., de Melo, L. L., de Medeiros, R. A. B., Barros, Z. M. P., & Azoubel, P. M. (2018). Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters. *LWT*, 97, 317-322.
- De La Fuente-Blanco S., E. Riera---Franco de Sarabia, V.M. Acosta---Aparicio,A. Blanco-Blanco and J.A. Gallego---Juárez. (2006).Food drying process by power ultrasound.
- Encina, C.; Ureña, M.; Repo, R. (2007). “Determinación de los compuestos bioactivos del Aguaymanto (*Physalis peruviana*) y de su conserva en almíbar maximizando la retención de ácido ascórbico”.
- Gallego-Juarez, J. A., Rodriguez-Corral, G., Gálvez Moraleda, J. C., & Yang, T. S. (1999). A new high-intensity ultrasonic technology for food dehydration. *Drying Technology*, 17(3), 597-608.
- Gamboa Santos, J. (2013). Impacto de los ultrasonidos de potencia en la calidad de vegetales y frutas durante el proceso de deshidratación.
- Gutierrez, T., Hoyos, O., & Páez, M. (2007). Determinación del contenido de Ácido Ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 5(1), 70-79.
- INEN (Instituto De Normalización Ecuatoriano). (2015). NTE INEN 2996. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS. ZANAHORIA, ZAPALLO, UVILLA. REQUISITOS. Quito – Ecuador.
- MEF - Ministerio de Economía y Finanzas de Perú. (2016). PAUTA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE NEGOCIO DE AGUAYMANTO EN EL MARCO DE LA LEY PROCOMPITE. Lima-Perú.
- Mendoza, Ch., Humberto, J., Rodríguez De, A. I. D. A., & Millán, P. (2012). PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF GOLDEN BERRY FRUIT (*Physalis peruviana*) IN THE REGION OF SILVIA

CAUCA. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10(2), 188-196.

Monteiro, R. L., Carciofi, B. A. M., Marsaioli Jr, A., & Laurindo, J. B. (2015). How to make a microwave vacuum dryer with turntable. *Journal of Food Engineering*, College of Food Engineering, Federal University of Santa Catarina. Brazil.166, 276-284.

Ordóñez, L. E.; J. Martínez & M. E. Arias. 2017. Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in cape gooseberry juice. *Food Chemistry*. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.114>

Peña, R.F.; Cortés, M.; Gil, J.H. (2013). Estabilidad Fisicoquímica y Funcional de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) Impregnada a Vacío con Calcio y Vitaminas B9, D y E, Durante el Almacenamiento Refrigerado.

Pertuzatti, P. B., Sganzerla, M., Jacques, A. C., Barcia, M. T., & Zambiasi, R. C. (2015). Carotenoids, tocopherols and ascorbic acid content in yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) grown under different cultivation systems. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 259-263.

Porras, O., González, G., Castellanos, A., Ballesteros, J., & Pacheco, M. (2011). Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*mangifera indica* L.) Variedad común. *Alimentos hoy*, 20(23), 52-77.

Ramadan, M. F., & Moersel, J. T. (2007). Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 452-460

Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124.

- Sobrado F., A. & Luna V., E. (2017). Diseño y construcción del prototipo secador de vacío y su aplicación en el secado de aguaymanto (*Physalis peruviana*). Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – UNHEVAL. Huánuco - Perú
- Sumanta. (2014). Spectrophotometric Analysis of Chlorophylls and Carotenoids from Commonly Grown Fern Species by Using Various Extracting Solvents, Vol.4(9), 63-69.
- Tenesaca, J., & Rocio, E. (2011). Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas (Bachelor's thesis).
- The National Academy of Sciences (2000). Vitamina C, vitamina E y otros antioxidantes de origen alimentario. Disponible en la página: <http://www.uco.es>
- Ulloa, O., & Eyder, W. (2013). Fenología y producción de aguaymanto (*physalis peruviana* L.) en función de la fertilización n, p, k, en pampas de SAN JUAN, LAREDO, LA LIBERTAD.
- Uribe, E., Marín, D., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., & Rodríguez, A. (2016). Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidants. *Food chemistry*, 190, 559-565.
- Velásquez & Mestanza, (2003). Manejo agronómico de *Physalis peruviana*, Editora Macro, Perú.
- Velezmoro, J. (2004). Perfil de mercado del aguaymanto. Programa desarrollo rural sostenible. Universidad del Pacífico. Disponible en la página web: www.sica.gov.ec

ANEXO 1:

Datos estadísticos

Vitamina C

a=vacio b=temperatura c=potencia

a1 =15 kPa				a2=10 kPa			
b1= 55 °C		b2= 50 °C		b1= 55 °C		b2= 50 °C	
c1= 100 W	c2= 50W	c1= 100 W	c2= 50W	c1= 100 W	c2= 50W	c1= 100 W	c2= 50W
0	0	0	549.97	0	0	0	678.17
0	0	0	534.94	0	0	0	618.65
0	0	0	588.3	0	0	0	594.06
prom		des est		prom		des est	
a1	139.434	252.5186	b1	0.000	0	c1	0.000
a2	157.573	285.6567	b2	297.008	312.135298	c2	297.008
a1b1	0.000	0	b1c1	0.000	0	a1c1	0.000
a1b2	278.868	305.9802	b1c2	0.000	0	a1c2	278.868
a2b1	0.000	0	b2c1	0.000	0	a2c1	0.000
a2b2	315.147	346.3077	b2c2	594.015	51.2863104	a2c2	315.147

Carotenos

a=vacio b=temperatura c=potencia

a1 =15 kPa				a2=10 kPa			
b1= 55 °C		b2= 50 °C		b1= 55 °C		b2= 50 °C	
c1= 100 W	c2= 50W	c1= 100 W	c2= 50W	c1= 100 W	c2= 50W	c1= 100 W	c2= 50W
37.9017601	25.6223861	37.7106019	26.9937	29.7735161	18.1235	42.73466186	33.0645
39.6312839	24.1938182	38.0652345	26.7304	25.6744541	17.8419	39.52580529	37.2476
39.0417404	24.8285193	37.6749775	26.8805	27.5319566	16.8325	40.67883799	36.9122
prom		des est		prom		des est	
a1	32.106	6.57960063	b1	27.250	8.0504761	c1	36.329
a2	30.495	9.34592462	b2	35.352	5.60713227	c2	26.273
a1b1	31.870	7.68885448	b1c1	33.259	6.29403323	a1c1	38.338
a1b2	32.343	5.99899928	b1c2	21.240	4.03714561	a1c2	25.875
a2b1	22.630	5.67753552	b2c1	39.398	2.0190381	a2c1	34.320
a2b2	38.361	3.383765	b2c2	31.305	5.07820764	a2c2	26.670

	vacio	temperatura	potencia	carotenos ug/g	caroten mg/100	promedio caroten	SD caroten	vit c (mg/100g)	promedio vit c	SD vit c
T1	15	55	100	37.90176012	3.790176012	3.88582615	0.87923918	0		
	15	55	100	39.63128393	3.963128393			0		
	15	55	100	39.04174037	3.904174037			0		
T2	15	50	100	37.71060195	3.771060195	3.7816938	0.21576757	0		
	15	50	100	38.06523452	3.806523452			0		
	15	50	100	37.67497753	3.767497753			0		
T3	10	55	100	29.77351606	2.977351606	2.76599756	2.05252745	0		
	10	55	100	25.67445408	2.567445408			0		
	10	55	100	27.5319566	2.75319566			0		
T4	10	50	100	42.73466186	4.273466186	4.09797684	1.62545669	0		
	10	50	100	39.52580529	3.952580529			0		
	10	50	100	40.67883799	4.067883799			0		
T5	15	55	50	25.62238609	2.562238609	2.48815745	0.71576025	0		
	15	55	50	24.19381816	2.419381816			0		
	15	55	50	24.8285193	2.48285193			0		
T6	15	50	50	26.9937	2.699374101	2.6868	0.1321	61.86507937	60.0337339	1.611981288
	15	50	50	26.7304	2.673043673			59.40635619		
	15	50	50	26.8805	2.688045283			58.82976615		
T7	10	55	50	18.1235	1.81235137	17.5993	0.6788	0		
	10	55	50	17.8419	1.784194483			0		
	10	55	50	16.8325	1.683254737			0		
T8	10	50	50	33.0645	3.306453969	35.7414	2.3243	67.81655682	58.76915652	7.871192733
	10	50	50	37.2476	3.72475877			54.9965129		
	10	50	50	36.9122	3.691217711			53.49439984		
	testigo	testigo	testigo	16.6032	1.660322828	15.0638	1.3333	51.74067052	44.18189429	7.691609437
	testigo	testigo	testigo	14.3116	1.431158205			36.364		
	testigo	testigo	testigo	14.2765	1.427649652			44.44101236		

	vacio	temperatura	potencia	humedad 8H	promedio %H	SD %H	ph	promedio pH	SD pH	brix	promedio brix	SD brix	acidez	promedio acidez	SD acidez
T1	15	55	100	11.02			3.7			37.08			10.1931		
	15	55	100	11.03	11.03333333	0.01527525	3.72	3.706667	0.01155	36.89	36.98	0.095394	10.1871		
	15	55	100	11.05			3.7			36.97			10.1856	10.1886	0.003998663
T2	15	50	100	15.97			3.7			38.6			10.2157		
	15	50	100	15.78	15.89	0.09848858	3.69	3.703333	0.01528	38.58	38.62667	0.064291	10.2233		
	15	50	100	15.92			3.72			38.7			10.2203	10.2197667	0.00382797
T3	10	55	100	12.96			3.8			36.86			10.0261		
	10	55	100	13.02	12.9366667	0.09712535	3.82	3.81	0.01	36.92	36.93	0.075498	10.0258		
	10	55	100	12.83			3.81			37.01			10.0321	10.028	0.00355387
T4	10	50	100	44.5			3.83			32.45			10.2485		
	10	50	100	40.33	41.42	2.70505083	3.8	3.82	0.01732	32.52	32.66	0.305123	10.2427		
	10	50	100	39.43			3.83			33.01			10.2392	10.2434667	0.00469716
T5	15	55	50	19.98			4.06			38.4			10.2281		
	15	55	50	19.89	19.9166667	0.05507571	4.07	4.063333	0.00577	38.6	38.51667	0.104083	10.2311		
	15	55	50	19.88			4.06			38.55			10.2293	10.2295	0.00150997
T6	15	50	50	20.19			3.88			38.8			10.2089		
	15	50	50	20.12	20.18	0.05567764	3.87	3.88	0.01	38.2	38.63333	0.376594	10.2092		
	15	50	50	20.23			3.89			38.9			10.2105	10.2095333	0.00085049
T7	10	55	50	19.98			4.05			32.7			10.2732		
	10	55	50	19.89	19.95333333	0.05507571	4.04	4.05	0.01	33.01	32.74333	0.247857	10.2689		
	10	55	50	19.99			4.06			32.52			10.2733	10.2718	0.00251197
T8	10	50	50	36.96			3.94			35.1			10.0253		
	10	50	50	36.78	36.8766667	0.09073772	3.95	3.943333	0.00577	35.35	35.38333	0.301386	10.0327		
	10	50	50	36.89			3.94			35.7			10.0287	10.0289	0.00370405
	testigo	testigo	testigo	10.05											
	testigo	testigo	testigo	10.23	10.0766667	0.14189198									
	testigo	testigo	testigo	9.95											

Vitamina C

Análisis de varianza del arreglo factorial 3x2

Origen	Suma de cuadrados	GL	Cuadrático		
			promedio	F	Sig.
Factor a	529280,730	1	529280,730	1611,596	,000
Factor b	1974,176	1	1974,176	6,011	,026
Factor c	529280,730	1	529280,730	1611,596	,000
a x b x c	1974,176	1	1974,176	6,011	,026
a x b	1974,176	1	1974,176	6,011	,026
b x c	1974,176	1	1974,176	6,011	,026
a x c	529280,730	1	529280,730	1611,596	,000
Error	5254,723	16	328,420		
Total corregido	1600993,619	23			

TRATAMIENTO	X	Subconjunto
T ₈	58,77	a
T ₆	60,03	b
T ₀	44,18	
T ₁	0,0000	c
T ₂	0,0000	c
T ₃	0,0000	c
T ₄	0,0000	c
T ₇	0,0000	c
T ₅	0,0000	c

Carotenos

Análisis de varianza del arreglo factorial

Origen	Suma de cuadrados	GL	Cuadrático		Sig.
			promedio	F	
Vacío	295,884	1	295,884	166,628	,000
Temperatura	42,237	1	42,237	23,786	,000
Potencia	604,501	1	604,501	340,427	,000
Vacío x temperatura x potencia	1,109	1	1,109	,625	,441
Vacío x temperatura	347,517	1	347,517	195,706	,000
Temperatura x potencia	72,914	1	72,914	41,062	,000
Vacío x potencia	54,168	1	54,168	30,505	,000
Error	28,411	16	1,776		
Total corregido	1446,742	23			

Análisis tukey

TRATAMIENTO	X	Subconjunto	
T ₄	4,09798	a	
T ₁	3,88583	a	b
T ₂	3,78169	a	b
T ₈	3,57414		b
T ₃	2,76600		c
T ₆	2,68682		c
T ₅	2,48816		c
T ₇	1,76740		d

Humedad

Análisis de varianza de humedad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	2547.651	6	363.950	394.148	0.000
Error	14.774	14	0.923		
Total	2562.425	20			

Contrastación del Contenido de Humedad con la Prueba Tukey

Tratamientos	X	Significancia
T ₁	11.0333	a
T ₃	12.9367	a
T ₂	15.8900	b
T ₅	19.9167	c
T ₇	19.9167	c
T ₆	20.1800	c
T ₈	36.8767	d
T ₄	41.41	d

pH

Análisis de varianza de pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	0.407	7	0.058	450.502	0.000
Error	0.002	16	0.000		
Total	0.409	23			

Contrastación del pH con la Prueba Tukey

Tratamientos	X	Significancia
T ₂	3.7033	a
T ₁	3.7067	a
T ₃	3.8100	b
T ₄	3.8200	b
T ₆	3.8800	c
T ₈	3,9433	d
T ₇	4.0500	e
T ₅	4.0633	e

Grados Brix

Análisis de varianza de °Brix

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	111.339	7	15.906	46.297	0.000
Error	5.497	16	0.344		
Total	116.836	23			

Contrastación de °Brix con la Prueba Tukey

Tratamientos	X	Significancia		
T ₆	38.6333	a		
T ₂	38.6267	a		
T ₅	38.5167	a	b	
T ₁	36.9800	a	b	c
T ₃	36.9300		b	c
T ₈	35.3833			c d
T ₇	33.7433			d e
T ₄	32.6600			e

Acidez

Análisis de varianza de acidez

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	0.190	7	0.27	2463.222	0.000
Error	0.000	16	1.102E-5		
Total	0.190	23			

Contrastación del acidez con la Prueba Tukey

Tratamientos	X	Significancia
T ₁	10.0280	a
T ₃	10.0289	a
T ₂	10.1886	b
T ₅	10.2095	c
T ₇	10.2198	c
T ₆	10.2295	c
T ₈	10.2435	d
T ₄	10.2720	d

ANEXO 2:

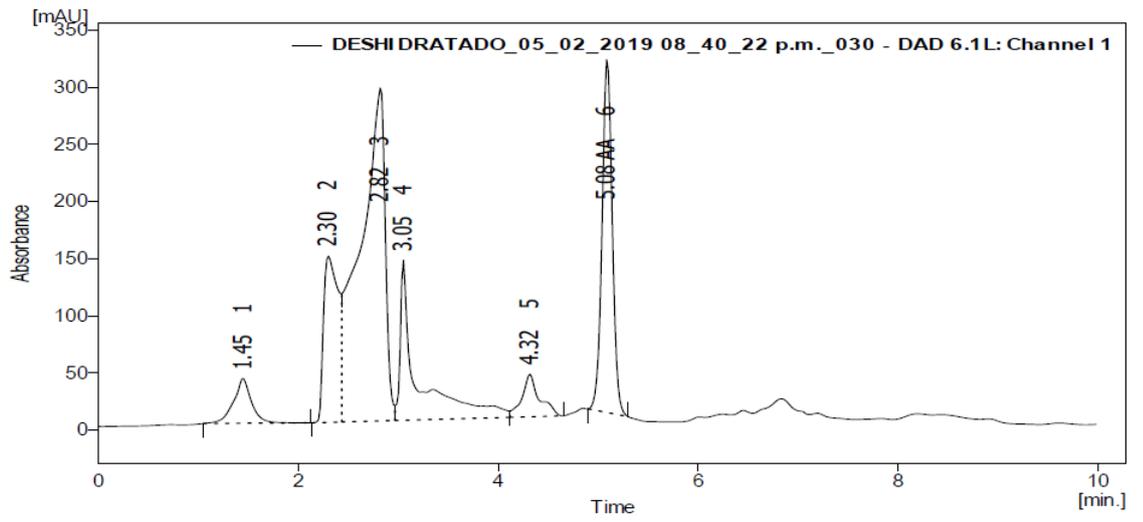
Panel fotográfico



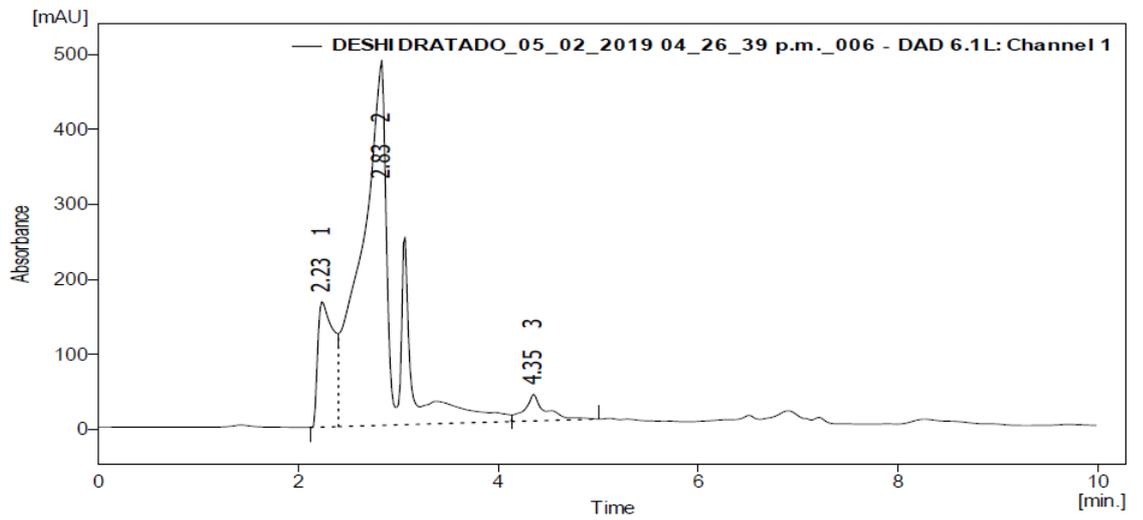


ANEXO 3:
Cromatogramas de análisis de
vitamina C

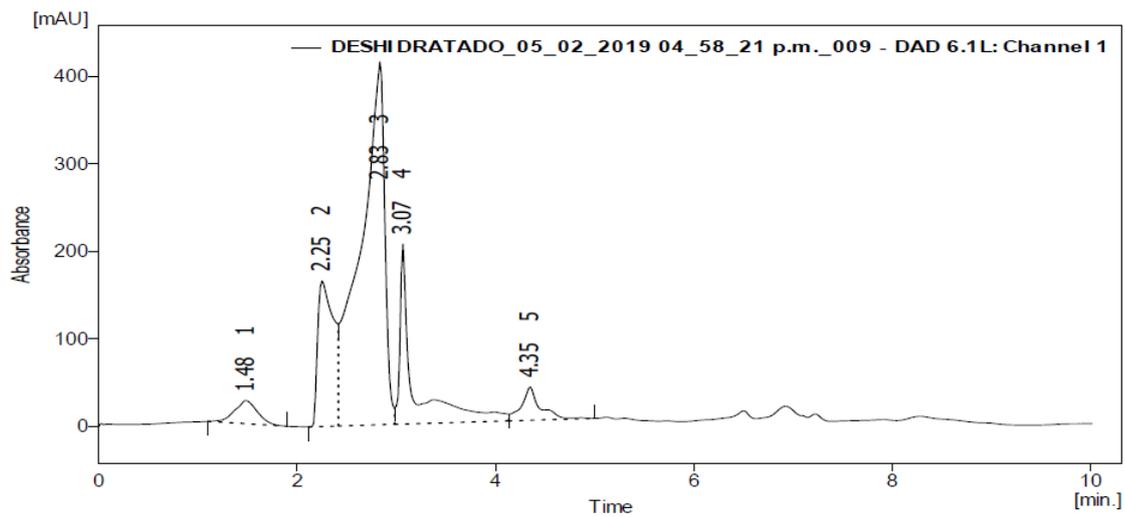
Tratamiento Testigo



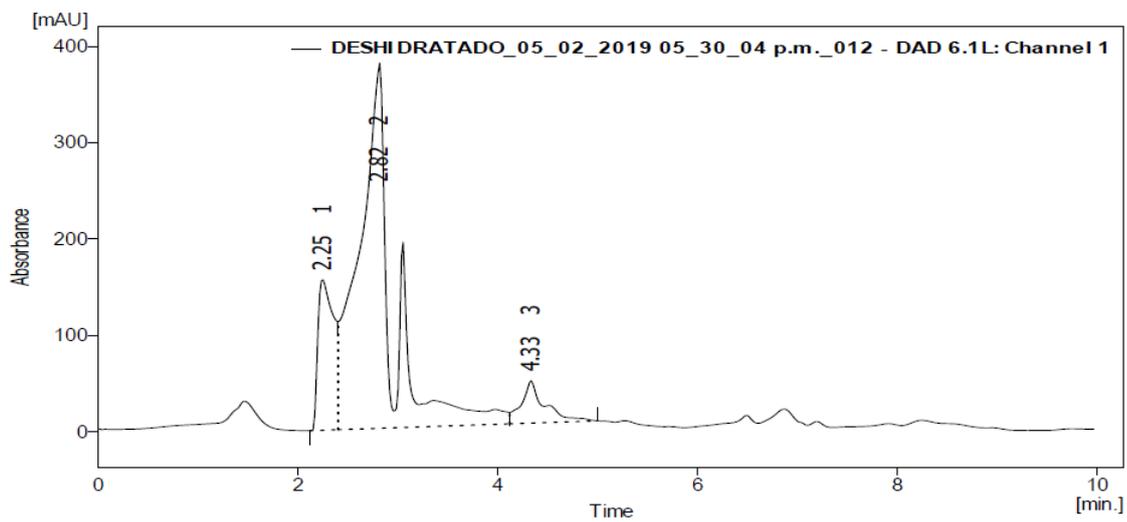
Tratamiento 1



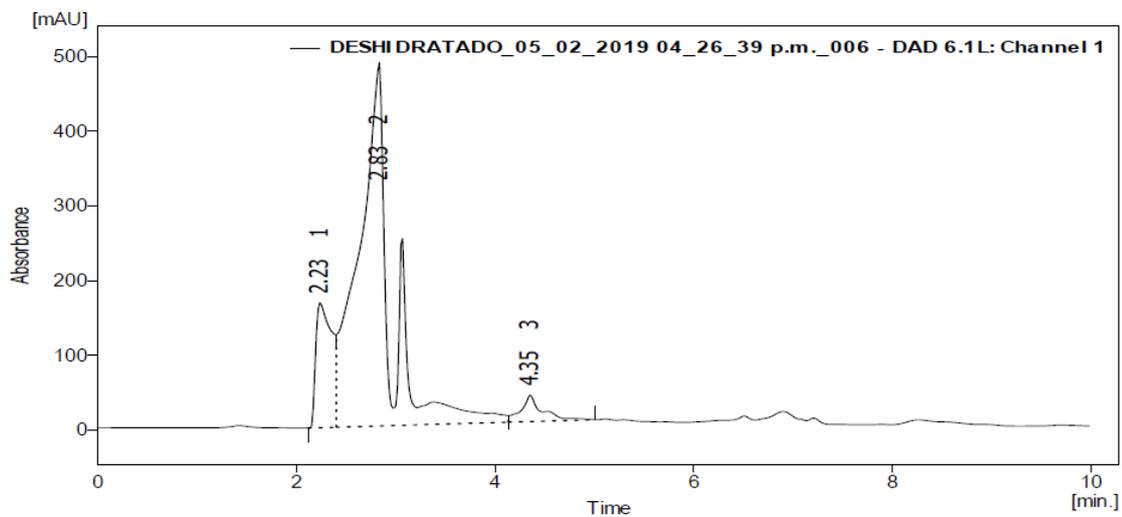
Tratamiento 2



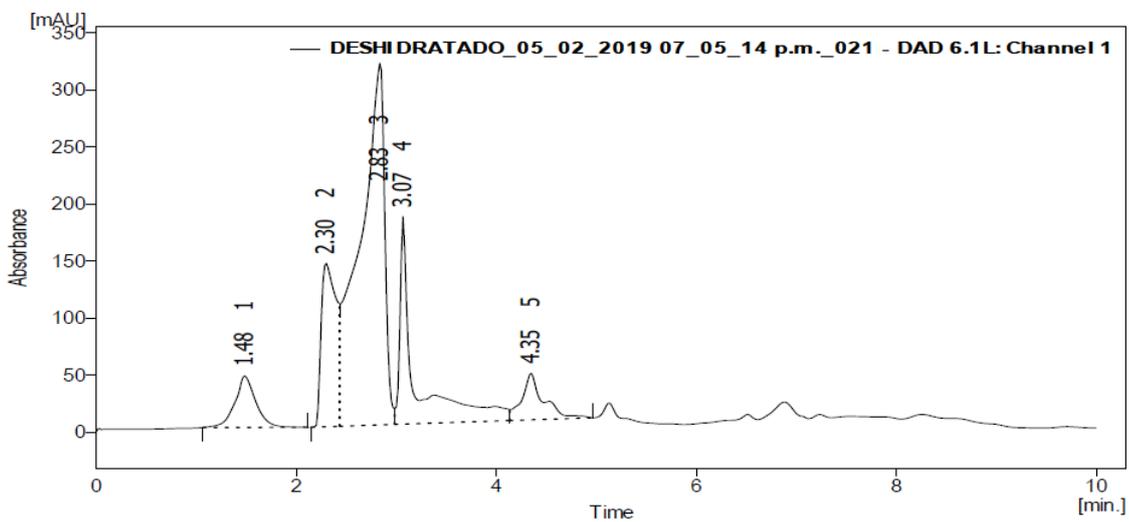
Tratamiento 3



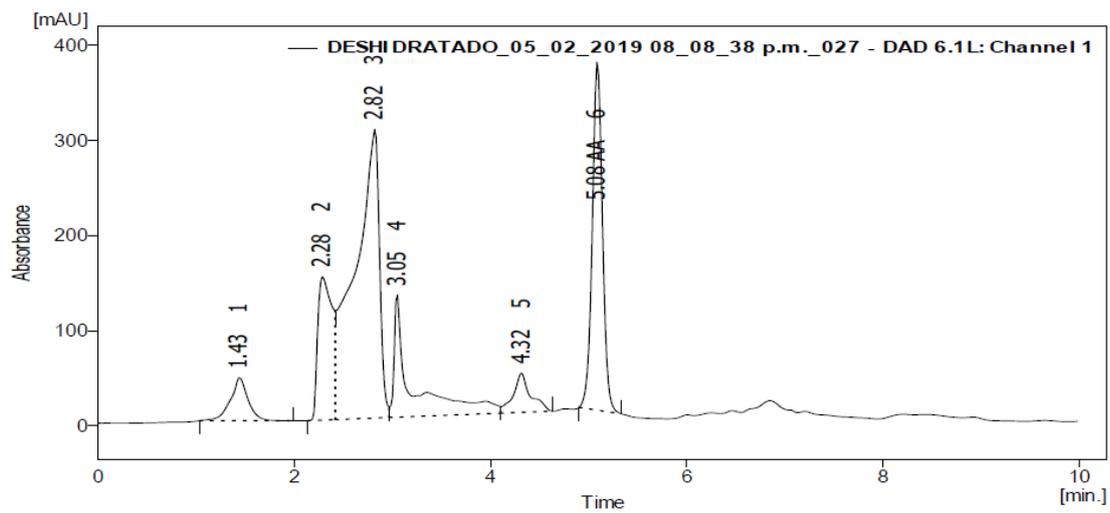
Tratamiento 4



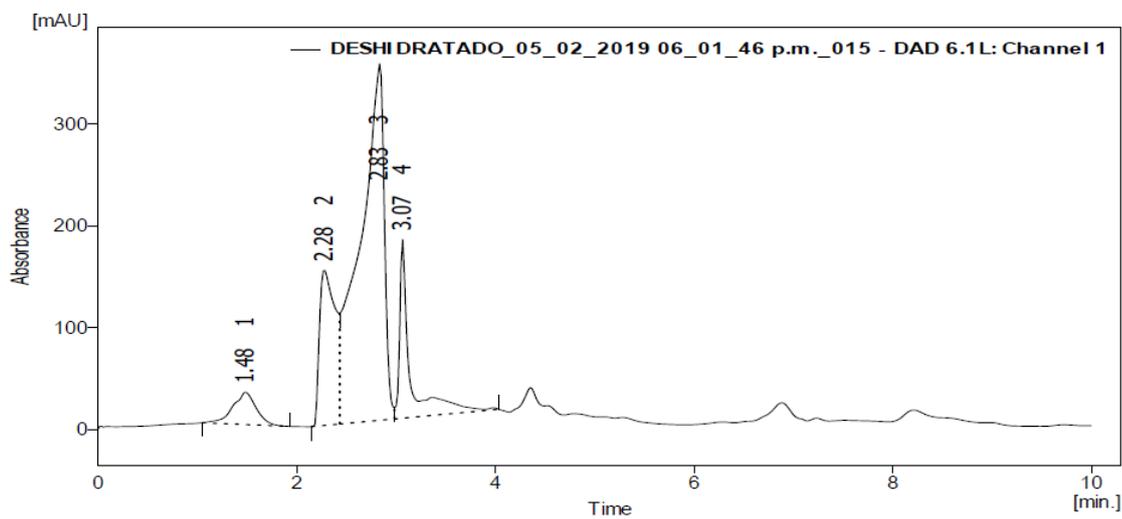
Tratamiento 5



Tratamiento 6



Tratamiento 7



Tratamiento 8

