

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN” – HUÁNUCO



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO
DE SECADOR A VACÍO Y SU APLICACIÓN EN EL
SECADO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*)**

EJECUTORES : Bach. SOBRADO FALCON, ANGEL ELIAS
: Bach. LUNA VILLAVICENCIO, EVELIN DAYANA

ASESOR : Mg. ESTACIO LAGUNA, ROGER.

HUANUCO, JULIO DEL 2017

DEDICATORIA

Ángel Elías.

El presente trabajo se lo dedico a mis padres “Nerio y Donatila” por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional durante toda mi vida de formación profesional.

A mi esposa “LUZ CLARITA” y mi pequeño hijo “JHAZZAM” por traerme amor, felicidad y compañía.

Evelin Dayana

Es mi deseo como gesto de agradecimiento dedicarle el presente trabajo, a mi madre por su amor, apoyo incondicional y comprensión.

A mis hijos Fabricio y Thiago, y a mi esposo quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

AGRADECIMIENTO

Gracias al padre todo poderoso “JESUCRISTO” por guiarnos a cada paso de nuestra vida,

A mis padres por darnos la vida y brindarnos su apoyo incondicional,

A la Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”, mi alma mater.

A nuestros maestros, gracias por su tiempo,

A todas y cada una de las personas que formaron parte del desarrollo de esta investigación. Para mí. Amigos y hermanos que me acompañan en el camino que elegí para mi vida.”

Índice general

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de cuadros.....	v
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	2
2.1.1. Generalidades del secado a vacío.....	2
2.1.2. Aguaymanto (Physalis peruviana).....	3
2.1.3. Frutas secas.....	11
2.1.4. Generalidades de la vitamina C.....	17
2.1.5. Generalidades de las características organolépticas.....	23
2.2. ANTECEDENTES.....	27
2.3. HIPÓTESIS.....	30
2.3.1. Hipótesis general.....	30
2.3.2. Hipótesis específicos.....	30
2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	31
2.4.1. Variables independientes.....	31
2.4.2. Variables dependientes.....	31
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33

3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	33
3.2.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	33
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	33
3.4.	TRATAMIENTO EN ESTUDIO	34
3.5.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	35
3.5.1.	Hipótesis nula	35
3.5.2.	Hipótesis alternativa	35
3.5.3.	Diseño de la investigación.	35
3.5.4.	Datos a registrar.....	37
3.5.5.	Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información.....	37
3.6.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	39
3.6.1.	Materia prima	39
3.6.2.	Materiales.....	39
3.6.3.	Equipos	39
3.7.	CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.7.1.	Determinación de las características técnicas del prototipo secador a vacío	41
3.7.2.	Evaluación de la eficiencia del prototipo secador a vacío en el proceso de obtención del aguaymanto seco.	41
3.7.3.	Evaluación del contenido de vitamina C	44
3.7.4.	Evaluación organoléptica	44
IV.	RESULTADOS	45
4.1.	CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL SECADOR DE VACÍO	45
4.1.1.	La cabina de secado	45
4.1.2.	Fuente de calentamiento	46
4.1.3.	Sistema de vacío	47
4.2.	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO SECADOR DE VACÍO	49
4.2.1.	Contenido de humedad.....	49
4.2.2.	Eficiencia con respecto al tiempo de secado.....	51
4.3.	EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA VITAMINA C	53

4.4.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES.....	55
4.4.1.	Sabor.	55
4.4.2.	Textura.	57
4.4.3.	Color.....	59
V.	DISCUSIÓN	61
5.1.	CARACTERIZACIÓN TECNICA DEL SECADOR DE VACÍO	61
5.2.	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO SECADOR A VACÍO	61
5.2.1.	Con respecto al contenido de Humedad	61
5.2.2.	Con respecto a la eficiencia	62
5.2.3.	Evaluación del contenido de la vitamina C.....	62
5.3.	DE LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN ALMACENAMIENTO. 63	
5.3.1.	Sabor.	63
5.3.2.	Textura	63
5.3.3.	Color.....	64
VI.	CONCLUSIONES	65
VII.	RECOMENDACIONES	66
VIII.	LITERATURA CITADA	67

Índice de cuadros

1.	Cuadro 1. Clasificación científica del aguaymanto.....	5
2.	Cuadro 2. Composición y valor nutricional del aguaymanto.....	7
3.	Cuadro 3. Valor nutricional de aguaymanto por 100 g. de porción comestible	8
4.	Cuadro 4. Valor nutricional del aguaymanto fresco por 100 g. de porción comestible.....	9

5. Cuadro 5. Parámetros de humedad y temperatura.....	13
6. Cuadro 6. Ingestas diarias recomendadas para la vitamina C por edades y sexos.....	21
7. Cuadro 7. Principales propiedades sensoriales.....	24
8. Cuadro 8. Características organolépticas del aguaymanto fresco.....	24
9. Cuadro 9. Operacionalización de variables.....	32
10. Cuadro 10. Tratamientos en estudio.....	35
11. Cuadro 11. Comportamiento del contenido de humedad en 6 horas de secado.....	52
12. Cuadro 12. Análisis de varianza de humedad.....	53
13. Cuadro 13. Contrastación del contenido de humedad con la prueba Tukey.....	53
14. Cuadro 14. Tiempo de secado para alcanzar 14% de humedad.....	54
15. Cuadro 15. Análisis de varianza de la eficiencia.....	55
16. Cuadro 16. Contrastación de la eficiencia en los tratamientos con la prueba Tukey.....	55
17. Cuadro 17. Contenido de vitamina C.....	56
18. Cuadro 18. Análisis de varianza de vitamina C.....	57
19. Cuadro 19. Contrastación de la vitamina C de los tratamientos con la prueba Tukey.....	57
20. Cuadro 20. Resultados de los panelistas con respecto al sabor.....	58
21. Cuadro 21. Prueba de sabor con Friedman.....	59
22. Cuadro 22. Contrastación de la prueba de sabor con Friedman.....	59
23. Cuadro 23. Resultados de los panelistas con respecto al textura.....	60
24. Cuadro 24. Prueba de textura con Friedman.....	61
25. Cuadro 25. Contrastación de la Prueba de Textura con Friedman.....	61
26. Cuadro 26. Resultados de los panelistas con respecto al color.....	62
27. Cuadro 27. Prueba de textura con Friedman.....	63

28. Cuadro 28. Contrastación de la prueba de textura con Friedman.....	63
--	----

Índice de figuras

1. Figura 1: El aguaymanto (Physalis peruviana).....	4
2. Figura 2. Flujograma del proceso de deshidratado de aguaymanto.....	14
3. Figura 3. Estructura química de la vitamina C o ácido ascórbico.....	18
4. Figura 4. Conducción de la investigación.....	41
5. Figura 5. Flujograma de operaciones para la obtención de aguaymanto seco.....	43
6. Figura 6. Vistas acotadas de la cabina de secador.....	47
7. Figura 7. Vistas 3D isométrica.....	48
8. Figura 8. Resistencia de Nicrom.....	49
9. Figura 9. Pirómetro electrónico.....	50
10. Figura 10. Bomba de Vacío.....	51
11. Figura 11. Prototipo secador de Vacío.....	51

RESUMEN

El trabajo de investigación consistió en desarrollar y construir un prototipo adecuado para el secado en condiciones de vacío del aguaymanto (*Physalis peruviana*), y compararlo con la tecnología convencional de secado con aire caliente.

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).

En conclusión Las características técnicas del prototipo secador a vacío fueron principalmente sus 3 partes fundamentales: cabina de secado, la fuente de calentamiento y el sistema de vacío el que alcanzó a 15 KPa de presión absoluta.

La eficiencia del prototipo fue superior al convencional con respecto a los análisis de humedad y tiempo de secado el tratamiento que necesitó menos tiempo fue el T₆ (55°C a 15 KPa de presión absoluta, por un tiempo 3.36 horas, alcanzando el menor contenido de humedad y menor tiempo; siendo superior al T₀ de secado en bandejas por aire caliente, que en tiempo disminuyó de 75% a 14.013% de humedad.

Por otro lado la evaluación del contenido de la vitamina C, el tratamiento que registró el mayor contenido de este nutriente fue T₆ (55°C a 15 KPa, 17.69 mg/100 de vitamina C) de presión absoluta, superando al T₀ (55°C, 13.85 mg/100 de vitamina C). Las mejores características organolépticas con respecto al sabor, textura y color obtuvieron los tratamientos el T₃ de 50°C a 10 KPa de presión absoluta habiéndose igualado al T₀, con un cualitativo promedio de Bueno.

Palabras claves: aire caliente, convencional, cabina, presión.

SUMMARY

The research consisted of developing and constructing a suitable prototype for vacuum drying of Aguaymanto (*Physalis peruviana*), and comparing it with conventional hot air drying technology.

The treatments were applied as follows: (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 and T₀: conventional drying control at 55°C for 24 hours).

In conclusion the technical characteristics of the prototype vacuum dryer were mainly its 3 main parts: drying cabin, heating source and vacuum system which reached 15KPa absolute pressure.

the efficiency of the prototype was superior to the conventional one with respect to the analyzes of humidity and time of drying the treatment that needed less time was the T₆ (55 ° C to 15 KPa of absolute pressure, for a time 3.36 hours, reaching the lowest moisture content and less time, being higher than the T₀ of drying in trays by hot air, which in time decreased from 75% to 14,013% of humidity.

On the other hand the evaluation of the content of Vitamin C, the treatment that registered the highest content of this nutrient was T₆ from 55°C to 15 KPa absolute pressure, exceeding T₀ at 55°C. The best organoleptic characteristics with respect to flavor, texture and color were the T₃ treatments from 55°C to 10KPa absolute pressure having been equated to T₀, with a qualitative average of Good.

Key words: hot air, conventional, cabin, pressure.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de secado actuales son los que necesitan aire caliente en presiones atmosféricas normales, hay con bandejas de aire forzado, que es el uso más común y frecuente en la mayoría de industrias en el mundo, teniendo en cuenta principalmente la temperatura del aire y la velocidad del aire que no debe bajar de 4 m/s en toda la cabina, para lograr buenos resultados.

Los sistemas de vacío en los procesos de secado tienen la ventaja de decaer la temperatura de evaporación, siendo un factor importante para secar las materias primas a bajas temperaturas, acción que ayuda a evitar la pérdida de vitamina C contenida en los frutos del aguaymanto.

Nuestro prototipo de secado a vacío no posee un condensador como normalmente lo poseen los sistemas de secado de vacío, el mismo que nos ha dado buenos resultados en la investigación. Por otro lado, la investigación planteó los siguientes objetivos:

- Identificar las características técnicas para el desarrollo del prototipo secador a vacío para obtener aguaymanto seco.
- Determinar la eficiencia del prototipo secador a vacío en el secado del aguaymanto en relación a un secador de bandejas convencional.
- Evaluar el contenido de vitamina C en la obtención de aguaymanto seco utilizando el prototipo secador a vacío.
- Evaluar las características organolépticas del aguaymanto seco utilizando el prototipo secador a vacío.

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, con temperaturas de deshidratación bajas, del orden de los 40°C, que corresponde a valores de presión absoluta de alrededor de 60 mm Hg (7 KPa), pueden llegar extremadamente a bajos valores de humedad 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 como en este caso la evaporación del agua ocurre en el interior del material, la velocidad de transferencia de calor controla la velocidad de deshidratación. (Colina 2010)

2.1.1.1. Secadora de armario a vacío

Consiste en una cámara a vacío conectada a un condensador y a una bomba de vacío. Normalmente la cámara es cilíndrica y tiene uno o dos puertas de acceso. Por lo general está montada en posición horizontal. La cámara está equipada con un número de plantas o estantes huecos, dispuestos horizontalmente. Estos estantes se calientan interiormente 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 -30 KPa, correspondiendo temperaturas de evaporación de 35 – 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. (Brennan 2006).

2.1.2. Aguaymanto (*Physalis peruviana*)

Según Velezmoro (2004), el aguaymanto (*Physalis peruviana*) es una fruta conocida por los incas y pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis*. La fruta se encuentra dentro de un cáliz o capacho, es redonda ovoide, del tamaño de una uva grande, con piel lisa, cetácea, brillante y de color amarillo-dorado-naranja o verde según la variedad. Su carne es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la fruta está madura, es dulce con un ligero sabor agrio. Tiene buenos contenidos de vitaminas A y C, además de hierro y fósforo.



Figura 1: El aguaymanto (*Physalis peruviana*)

Fuente: Franco *et. al.* (2007)

Según INEN (2009), menciona que, la uvilla *Physalis peruviana*), de la familia Solanaceae. La fruta es redonda - ovoide, del tamaño de una uva grande, con piel lisa, cerácea, brillante y de color amarillo – dorado – naranja; o verde según la variedad. Su carne es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la flor cae el cáliz se expande, formando una especie de capuchón o vejiga muy fina que recubre a la fruta. Cuando la fruta está madura, es dulce con un ligero sabor ácido.

2.1.2.1. Origen y distribución

Según Velezmoro (2004), el aguaymanto (*Physalis peruviana*) es una fruta que se originó en los valles bajos andinos de Perú y Chile. Cuenta con más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre y que se caracterizan por que sus frutos están encerrados dentro de un cáliz o capacho.

Según Velásquez & Mestanza (2003), mencionan que el tomatito nativo, tomatillo, uvilla o Aguaymanto, es una planta que se originó como las otras especies de su género, en la vertiente occidental de los Andes entre Perú y Ecuador; es una planta silvestre, que en pocos lugares se cultiva y se cuida 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 *Physalis peruviana* 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. Clasificación científica

En el cuadro 1 se muestra la clasificación científica del Aguaymanto.

Cuadro 1. Clasificación científica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales

Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Physaleae
Género	Physalis
Especie	Physalis peruviana L

Fuente: Morton (1997)

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

Peña *et. al.* (2013), manifiestan que la uchuva (*Physalis peruviana L.*) que se caracteriza por ser un fruto azucarado con un alto contenido 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 proporciona un efecto antirradicalaria mayor que el obtenido en forma individual (Encina *et al.*, 2007). Por otro lado, Fawzy (2011); citado por Peña, *et. al.* (2013) encontró que 100 g de porción comestible de uchuva aportan alrededor de 20 mg de ácido ascórbico y 0,2 mg de provitamina A, lo que corresponde al 65 y 26% de los valores diarios de referencia (VDR) respectivamente, para una porción de 200 g, según la normatividad colombiana (Ministerio de la Protección Social, 2011); citado por Peña, *et. al.* (2013); también es fuente de minerales como calcio (2% VDR/200 g), hierro y fósforo.

Según estudios realizados por el National Research Council (2003), el jugo de esta fruta tiene alto contenido de pectinasa, lo que disminuye los costos en la

elaboración de mermelada y otros preparativos similares. Se le atribuye una serie de propiedades curativas. Sus beneficios se derivan de la composición nutricional del fruto, como se muestra en el cuadro 2

Cuadro 2. Composición y valor nutricional del aguaymanto.

Factor Nutricional		Contenido por 100 g. de pulpa
Calorías	(kcal)	54
Agua	(g)	79.6
Proteína	(g)	1.1
Grasa	(g)	0.4
Carbohidratos	(g)	13.1
Fibra	(g)	4.8
Ceniza	(g)	1.0
Calcio	(mg)	7.0
Fosforo	(mg)	38
Hierro	(mg)	1.2
Vitamina A	(U.I.)	648
Tiamina	(mg)	0.18
Riboflavina	(mg)	0.03
Niacina	(mg)	1.3
Ácido ascórbico	(mg)	26

Fuente: Camacho (2005)

Cuadro 3. 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(g ác. cítrico/ 100 ml de fruto)	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
Acido ascórbico (mg/100 g de fruto)	28,55 ± 0,10

Fuente: Encina *et al.* (2007)

Cuadro 4. Valor nutricional del aguaymanto fresco por 100 g. de porción comestible.

Componentes	Contenido	
	L*	61,42 ± 0,74
Análisis colorimétrico	a*	10,08 ± 0,55
	b*	36,52 ± 0,81
Actividad de agua (aw) medida a 19,4°C		0,99 ± 0,01
Carotenos totales (mg de β-caroteno/100g)		1,77 ± 0,02
Compuestos fenólicos (mg ácido clorogénico/100g)		79,23 ± 0,41
Capacidad antioxidante (µg eqtrolox/g)	DPPH	249,23 ± 8,01
	ABTS	586,46 ± 5,26

Fuente: Encina *et al.* (2007)

2.1.2.4. Descripción botánica

Morton (1997), indica que la planta de aguaymanto (*Physalis peruviana*) fue descrita por primera vez por Linnaeus en 1753. Este arbusto ha sido cultivado por muchas décadas a lo largo de los Andes Americanos. Se trata de una planta herbácea erecta, perenne en zonas tropicales y anuales en zonas templadas. Puede alcanzar una altura entre 0.6 a 0.9 metros, sin embargo, se han registrado casos en los que llega a alcanzar 1.8 metros. Las ramas son acanaladas y a

veces de color violáceo. Hojas opuestas, alternadas de forma acorazonada midiendo de 6 - 15 cm de longitud y 4 -10 cm de ancho. Presenta flores amarillas en forma de campanas, con corolas campanuladas de color morado marrón. Los frutos son bayas de color naranja-amarillo de forma globosa y de 1.5 – 2 cm de diámetro con un sabor peculiar agrídulce de buen gusto, protegidos por un cáliz no comestible de textura papirácea.

2.1.2.5. Características nutricionales y terapéuticas del aguaymanto (*Physalis peruviana*)

El aguaymanto (*Physalis peruviana*) se caracteriza por ser una excelente fuente de provitamina A (3.000 I.U. de caroteno por 100 g.) y vitamina C. También posee algunas del complejo de vitamina B. Además la proteína (0,3%) y el fósforo (55%) que contiene son excepcionalmente altos para una fruta.

Actualmente tiene un importante uso con fines terapéuticos, pues según los expertos ayuda a purificar la sangre, tonifica el nervio óptico y alivia afecciones buco-faríngeas. Se recomienda para personas con diabetes de todo tipo, favorece el tratamiento de las personas con problemas de la próstata gracias a sus propiedades diuréticas y además es utilizada como tranquilizante natural por su contenido de flavonoides (Encina *et al.*, 2007).

Dopf (1998), señala que la envoltura natural del aguaymanto mantiene fresco al fruto por largo tiempo, que dura sin dañarse varias semanas después de recogido. El aguaymanto (*Physalis peruviana*), es rico en vitaminas A, B y C. Tiene un sabor agrídulce dejando en el paladar un aroma muy agradable.

Morton (1997) indica que el aguaymanto (*Physalis peruviana*) se

caracteriza por ser una excelente fuente de pro vitamina A (3.000 I.U. de caroteno por 100 g.) y vitamina C. También posee algunas del complejo de vitamina B. Además la proteína (0,3%) y fósforo (55%) que contiene son excepcionalmente altos para una fruta.

2.1.2.6. Consumo

Morton (1997), menciona que la uchuva o aguaymanto (*Physalis peruviana*) se puede consumir fresca, sola o en ensaladas, dándole un toque agrídulce a las comidas. En algunos países como Colombia ya se está procesando para obtener productos como mermeladas, yogurt, dulces, helados, conservas enlatadas y licores. También sirven de elemento decorativo (de la misma forma que una cereza) para adornar tortas y pasteles.

2.1.3. Frutas secas

2.1.3.1. Definición de frutas secas

Según INEN (2014), los frutos secos naturalmente tienen bajo contenido de humedad en su parte comestible.

2.1.3.2. Definición de deshidratación de aguaymanto

Según INEN (2015), se entiende por deshidratación la eliminación de la humedad por medios artificiales y, en algunos casos, en combinación con el secado al sol.

2.1.3.3. Requisitos de aguaymanto deshidratado

Según la INEN (2015), en la Norma Técnica Ecuatoriana de productos deshidratados. zanahoria, zapallo, uvilla (aguaymanto), los requisitos son los siguientes:

- a. Las hortalizas pueden presentarse en forma de rodajas, cubitos, dados, granuladas o en cualquier otro tipo de división, o dejarse enteras antes de su deshidratación.
- b. La zanahoria el zapallo y la uvilla deshidratadas deben cumplir con los requisitos estipulados en CPE INEN CODEX CAC/RCP-5:2014.
- c. Las zanahorias zapallos y uvillas deshidratadas deben tener un olor y color característico de la variedad. Deben estar libres de olores extraños y trazas de olores procedentes de zanahorias, zapallos o uvillas fermentadas.
- d. En los alimentos regulados por la presente Norma podrán emplearse antioxidantes y conservantes de conformidad NTE INEN-CODEX 192
- e. Los productos a los que se aplican las disposiciones de la presente norma deberán cumplir con los niveles máximos contaminante y plaguicidas de la NTE INEN CODEX CAC/MRL
- f. Los productos deshidratados concernientes a esta norma deben estar libres de insectos vivos, ácaros, otros parásitos y mohos; deben estar prácticamente libres de insectos muertos, fragmentos de insectos y contaminación de roedores.
- g. La cantidad de materias extrañas, tales como tierra, restos de piel, tallos, hojas, restos de semilla y otras materias extrañas, que se adhieran o no a la fruta u hortaliza, no será superior a 1% en base a 100g de producto.

- h. Los productos deshidratados deben cumplir los parámetros de humedad y temperaturas de secado, descritos en el cuadro para el caso de la uvilla:
Cuadro 05. Parámetros de humedad y temperatura

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Temperatura	°C	---	55	--
Humedad	% m/m	---	12	AOAC 934.06

Fuente: INEN (2015)

2.1.3.4. Flujograma del proceso de deshidratado de aguaymanto

En general, el flujo grama de operaciones para la elaboración de néctares de fruta responde al esquema que presentamos a continuación.

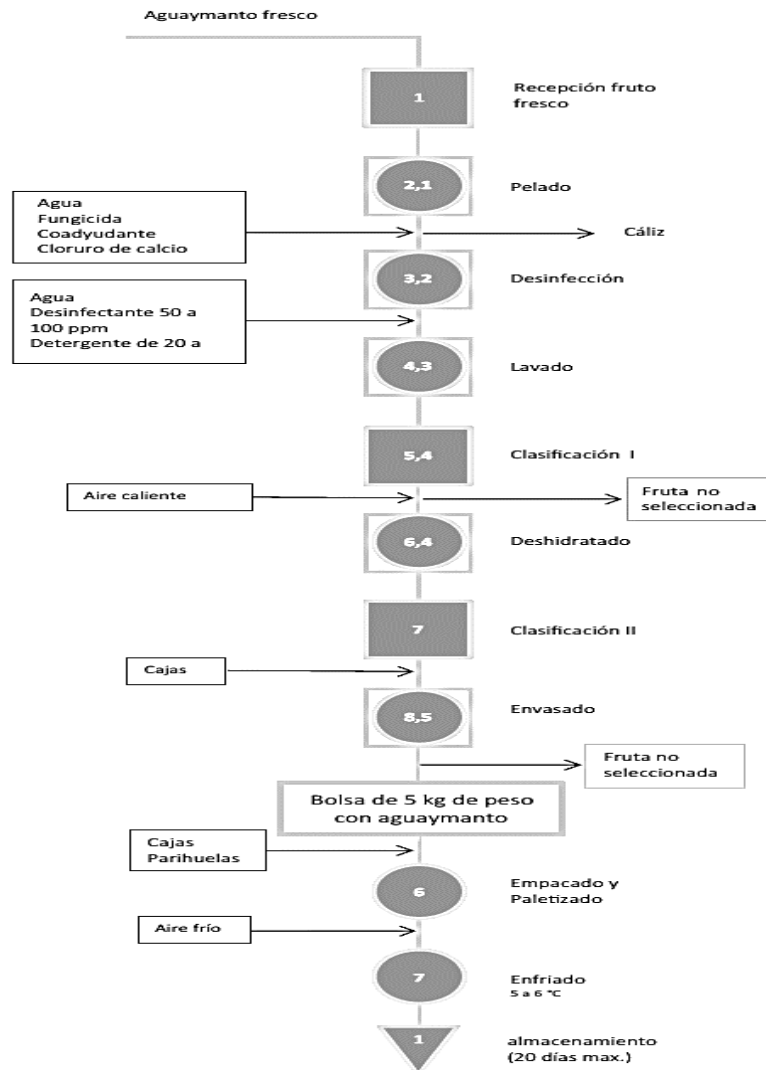


Figura 2. Flujograma del proceso de deshidratado de aguaymanto.

Fuente: MEF (2016)

2.1.3.5. Descripción del flujograma

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

- a. **Recepción de la fruta:** la fruta debe ser pesada, inspeccionada e iniciar rápidamente las operaciones de acondicionamiento.
- b. **Pelado:** operación por la cual se extrae el cáliz del fruto.
- c. **Desinfección:** operación que consiste en rociar el fruto sin cáliz con una solución de agua y fungicida para desinfectarlo.
- d. **Lavado:** Operación que consiste en lavar la fruta del fungicida utilizado para desinfectar.
- e. **Clasificación I:** Consiste en separar los frutos sanos y limpios en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente.
- f. **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.

Es recomendable extender el aguaymanto en capas muy delgadas de dos o tres aguaymantos de alto, o utilizar canastillas de baja capacidad para acelerar

la velocidad de deshidratación. Además puede almacenarse en ambientes de falso piso o utilizar estibas para facilitar la ventilación. De acuerdo con las condiciones de aire y el flujo del mismo la deshidratación del cáliz puede tardar desde tres horas hasta las 24 horas.

- g. Clasificación II:** Una vez terminado la operación de deshidratado se debe realizar una segunda clasificación en función al color, con la intención que los lotes sean homogéneos.
- h. Envasado:** El aguaymanto deshidratado se envasa generalmente en bolsas transparentes de NYLDPE, con un contenido de 5 o 10 kg, cerradas al vacío.
- i. Empacado y paletizado:** El empaque de las bolsas se realiza en cajas de cartón, actualmente se utilizan cajas de dimensiones de 40 x 30 x 40 cm (largo-ancho-alto). Por caja se empacan 2 bolsas de 5 kg. En un pallet se acomodan 108 cajas/10 kg.
- j. 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.

De acuerdo a investigaciones, el aguaymanto con cáliz o capacho almacenados a 18°C y 70% de humedad relativa conservaron su calidad por 20 días y refrigerados a 6°C y 70% de humedad relativa hasta 30 días de almacenamiento.

2.1.4. Generalidades de la vitamina C

2.1.4.1. Definición

Según The National Academy of Sciences (2000), indica que la vitamina C es un antioxidante hidrosoluble con un alto poder reductor. Actúa como cofactor para numerosas enzimas implicadas en la biosíntesis de colágeno, arnicina y algunos neurotransmisores y puede atrapar una gran variedad de especies reactivas del oxígeno y del nitrógeno en medios acuosos. La vitamina C se considera esencial, ya que no puede ser sintetizada por humanos, además por primates, cobayas y otras especies como peces, aves e insectos.

La vitamina C es hidrosoluble sensible al calor que es un nutriente esencial requerido para un cierto número de reacciones metabólicas en todos los animales y plantas y que es creada internamente por casi todos los organismos, siendo los humanos una considerable excepción. Su deficiencia causa escorbuto, de ahí el nombre de ascórbico que se le da al ácido. Como es sabido, la vitamina C es un potente antioxidante ampliamente utilizado como aditivo alimentario y es que además de estimular las defensas naturales, contribuye a la formación y conservación de huesos y dientes, así como a la cicatrización de heridas y tejidos.

Según Criado *et. al.* (2011), mencionan que la vitamina C o ácido ascórbico es un importante antioxidante hidrosoluble que actúa potenciando el efecto de otros antioxidantes tal como sucede con la vitamina E y el selenio. No se sintetiza en el organismo, por lo que debe ser aportada por la dieta. Sus principales funciones son neutralizar el oxígeno singlete (O_2), capturar radicales hidróxilos y aniones superóxido y regenerar la forma oxidada de vitamina E una vez que ha reaccionado con un RL. Actúa de forma sinérgica con la vitamina E, y se ha comprobado que se absorbe mejor si se encuentra en una formulación que contenga vitamina E.

2.1.4.2. Estructura de la vitamina C

Según The National Academy of Sciences (2000), menciona que la vitamina C se engloban todos los compuestos que presentan la actividad biológica del ácido L- ascórbico (ácido 2,3 – enediol, L- gulónico). Este es un compuesto químicamente sencillo aunque presenta una estructura inusual, cuya fórmula empírica es $C_6H_8O_6$; es un derivado láctónico del ácido hexurónico y se corresponde con una forma oxidada de la glucosa, en concreto es una α – cetolactona de 6 átomos de carbono que muestra un anillo lactona de cinco miembros y un grupo enediolbifuncional con un grupo carbonilo adyacente. El mencionado grupo enediol es esencial para su actividad biológica.

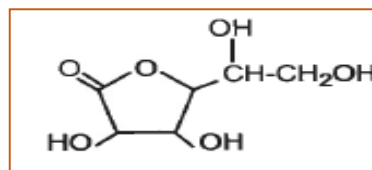


Figura 3. Estructura química de la vitamina C o ácido ascórbico.

Fuente: Según Ramírez y Quiles (2000); citado por The National Academy of Sciences (2000).

2.1.4.3. Propiedades y funciones fisiológicas de la vitamina C

Según The National Academy of Sciences (2000), menciona que las funciones biológicas del ácido ascórbico se basan en su capacidad reductora en una gran variedad de reacciones bioquímicas. Gracias a su poder reductor, esta

vitamina también puede reducir especies reactivas del oxígeno. Su principal función es como cofactor de numerosas reacciones que requieren cobre o hierro reducido y como antioxidante hidrosoluble que actúa intra y extracelularmente. Es conocida la propiedad de la vitamina C de donar un electrón a ocho enzimas humanas. Tres participan en la hidroxilación del colágeno, dos en la biosíntesis de carnitina y aminoácidos. Algunos estudios sugieren que el ascorbato desempeña un papel importante en la expresión génica del colágeno, en la secreción celular de procolageno y en la biosíntesis de otras sustancias del tejido conectivo, además del colágeno, como son la elastina, fibronectina, proteoglicanos y elastina asociada a fibrilina.

Según Aguilar (2011), las funciones de la vitamina C se basan en sus propiedades como reductor biológico reversible, su función antioxidante protectora y su capacidad de regenerarse in vivo cuando se oxida.

- a. **Cofactor:** para reacciones que requieren hierro o cobre reducido (Fe_{2+} , Cu_{1+}).

- b. **Antioxidante:** ya que puede donar electrones para contrarrestar varias especies de radicales libres y oxidantes, además de regresar con facilidad a su estado reducido por donadores de electrones ubicuos como el NADH y el NADPH. Elimina radicales hidroxilo, peróxido, peróxido reactivo, superóxido de oxígeno monoatómico y especies de hipoclorito, tanto a nivel intracelular como extracelular. Ofrece además protección antioxidante indirecta al aportar electrones para regenerar la forma reducida activa de otros antioxidantes como el glutatión, los tocoferoles y los flavonoides.

- c. **Oxidación de lípidos:** también protege contra la peroxidación de lípidos plasmáticos como el LDL y contra la peroxidación de lípidos mediante la regeneración de la forma activa de la vitamina E.

- d. **Síntesis de colágeno:** es cofactor en la hidroxilación de los residuos de prolina y lisina unidos al péptido durante la formación del colágeno. La formación de hidroxiprolina e hidroxilisina permiten los enlaces cruzados para estabilizar la estructura de la triple hélice de la tropocolágena. La vitamina C también incide en la síntesis de otros componentes del tejido conjuntivo como la elastina fibronectina, proteoglicanos, matriz ósea y fibrilina relacionada con elastina.

- e. **Protege al ADN:** es un importante protector del ADN contra el daño oxidativo que genera mutagénesis y carcinogénesis.

- f. **Neurotransmisores:** es esencial en la síntesis y metabolismo de neurotransmisores y es por esto que se encuentra en concentraciones altas en la corteza suprarrenal y el tejido cerebral. La vitamina C es necesaria como cofactor de la enzima hidroxilasa beta de dopamina que cataliza la hidroxilación de la cadena lateral de dopamina para formar noradrenalina y es esencial para la síntesis de otros neuropéptidos, además de estar involucrada en la síntesis de células gliares y de mielina y participar en la hidroxilación de triptófano para formar serotonina en el cerebro.

- g. **Síntesis de carnitina:** es necesaria en la biosíntesis de carnitina ya que esta además de obtenerse a través de la dieta, se puede sintetizar a partir de lisina (Aguilar, 2011).

2.1.4.4. Requerimientos nutricionales y valores fisiológicos normales

Según The National Academy of Sciences (2000), manifiesta que el rango de concentración de vitamina C que se considera normal en plasma es muy amplio. Los valores van desde 0,4 a 1,5 mg/dl, considerándose valores bajos aquellos que están entre 0,2 y 0,4 mg/dl y como deficiencia valores inferiores a 0,2 mg/dl. Las concentraciones plasmáticas de vitamina C en el varón son más bajas que en la mujer, y en ambos sexos disminuye con la edad.

Cuadro 6. Ingestas diarias recomendadas para la vitamina C por edades y sexos.

Edad	Ingestas diarias recomendadas (mg/día)
0-6 meses	40
7-12 meses	50
1-8 meses	15
4-8 años	25
	Hombres
9-13 años	45
14-18 años	75
19-30 años	90
31-50 años	90
50-70 años	90
> 70 años	90

Mujeres	
9-13 años	45
14-18 años	65
19-30 años	75
31-50 años	75
50-70 años	75
> 70 años	75
Embarazo	
<18 años	80
19-30 años	85
31-50 años	85
Lactancia	
<18 años	115
19-30 años	120
31-50 años	120

Fuente: The National Academy of sciences. (2000).

2.1.4.5. Fuentes alimentarias

Según The National Academy of Sciences (2000), menciona que la vitamina C es muy extendida la naturaleza. En general, todas las frutas y verduras la contienen en mayor o menor cantidad, siendo escaso su contenido en los cereales. Las frutas más ricas son las ácidas, ya que el pH bajo estabiliza la vitamina C (kiwi, fresas, grosellas, mango, naranja).entre los alimentos de origen

animal, la cantidad de vitamina C es escasa, aunque aparece en hígado, riñón y cerebro.

2.1.5. Generalidades de las características organolépticas

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que son percibidos por nuestros sentidos. En la siguiente tabla se aprecia las propiedades sensoriales más comunes relacionadas a cada sentido humano.

Cuadro 7. Principales propiedades sensoriales

Propiedad sensorial	Sentidos
Color	Vista
Apariencia	Vista
Olor	Olfato
Aroma	Olfato
Gusto	Gusto
Sabor	Olfato, gusto
Textura	Oído, vista, tacto

Fuente: Grández. (2008)

Cuadro 8. Características organolépticas del aguaymanto fresco.

Propiedad sensorial	Características
Color	Varía de color amarillo al ocre o amarillo naranja cuando madura
Olor	Característico
Sabor	Exótico. Varía desde ácido hasta muy agrio.
Textura	Suave y blanda, semejante a un tomate
Apariencia	Su estructura interna es similar a la de un tomate en miniatura, que contiene unas 100 a 300 semillas, con un peso total de 4 a 10 g.

Fuente: Francia y Barrueta (2009)

2.1.5.1. El color

Es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. Los cuerpos blancos reflejan la luz de todas las longitudes de onda, los cuerpos negros absorben todas las longitudes de onda. La medición del color se puede hacer utilizando escalas de color de manera visual o mediante un colorímetro. El color puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: un color desagradable puede ser asociado con un sabor desagradable.

Esta propiedad tiene tres características:

- El tono que es el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada.
- La intensidad que depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro de un objeto.
- El brillo que depende de la cantidad de luz que es reflejada por un cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él.

Según (NMX-F-057-S-1980), el color es característico al jugo y pulpa recién obtenidos del fruto fresco y maduro de la variedad de mango que se haya extraído.

2.1.5.2. La apariencia o impresión visual

Es el aspecto exterior que muestran los alimentos, como expresión resultante del color, el tamaño, la forma y el estado del alimento.

La apariencia es densa, sin fragmentos de cáscara y semilla, pudiendo presentar trazas de partículas oscuras. (NMX-F-057-S-1980).

2.1.5.3. El olor

Es la percepción por el olfato de sustancias volátiles liberadas por los objetos. Existe una relación especial entre el olor y el tiempo de percepción. Después de haber retirado una sustancia olorosa, el olfato aún es capaz de percibir el olor por cierto tiempo. Es por esto, que en las pruebas sensoriales de alimentos, los ambientes deben ventilarse. Las pruebas de medición de olores deben ser rápidas porque las personas se acostumbran a los olores después de un determinado tiempo.

Según (NMX-F-057-S-1980), el olor es característico al del jugo y pulpa recién obtenidos del fruto fresco y maduro.

2.1.5.4. El aroma

Se refiere a la percepción de un alimento oloroso después de colocarse en la boca. La muestra es disuelta en la mucosa del paladar y faringe y llega a los centros sensores del olfato, es decir, el aroma no es detectado en la nariz sino en la boca. El aroma es una de las propiedades más importantes de los alimentos.

2.1.5.5. El gusto

Puede ser ácido (agrio), dulce, salado o amargo o una combinación de los cuatro. Esta propiedad es percibida por el órgano de la lengua. La habilidad de las personas para detectar cualquier tipo de gusto servirá para que participen en pruebas de sabor.

2.1.5.6. El sabor

Esta propiedad combina tres propiedades: el olor, el aroma y el gusto. De allí que su evaluación sea compleja de medir. El factor diferenciador entre un alimento y otro está en el sabor. Ésta es la razón por la cual es necesario que los jueces evaluadores tengan su nariz, garganta y lengua en buenas condiciones.

Según (NMX-F-057-S-1980), el sabor es característico del producto convenientemente elaborado y proveniente de frutas sanas y maduras; no admitiéndose el gusto a cocido o de oxidación ni cualquier otro sabor extraño u objetable.

2.1.5.7. La textura

Es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista o el oído, y se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. El tacto percibirá si un alimento es blando o duro, la vista percibirá la deformación del mismo, el oído nos indicará si es crujiente o jugosa y la lengua si es fibrosa, harinosa o áspera. Los alimentos líquidos también tienen textura, en este caso se utiliza el término “viscosidad del fluido” (Grández, 2008).

2.2. ANTECEDENTES

Betoret *et al* (2014), en su investigación: “Análisis por la termodinámica irreversible no lineal composicional y los cambios estructurales ocurridos durante el secado de aire de vacío manzana impregnada (cv Granny smith.): El calcio y trehalosa efectos de las hojuelas de manzana se impregnaron con soluciones isotónicas de sacarosa y trehalosa con y sin calcio. además y después de secó al 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 se ha analizado 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 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 de aire de manzana.”

Según Lemos *et al* (2015), en su investigación: ¿Cómo hacer un secador de vacío de microondas con la placa giratoria?, resume lo siguiente:

“Un horno de microondas doméstico se modificó con el fin de operar como un secador de vacío de microondas con plato giratorio.

El rendimiento de la secadora se evaluó con plátano, tomate uva y zanahoria rodajas, se seca al vacío.

Tres niveles diferentes de potencia de microondas (400, 700 y 1000 W) se ensayaron para evaluar la influencia de la potencia de microondas en el secado. Los 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, en los tiempos de proceso más cortos, por ejemplo, mucho 20 min contra el 14-16 h, típicos de liofilizar procesos. El sistema que se presenta en este trabajo es un bajo costo, flexibilidad y facilidad de montar dispositivo, que se puede hacer de microondas domésticos. Funciona correctamente con la placa giratoria, al vacío que permite controlar la temperatura y conduce a calentamiento de alimentos uniforme, lo que mejora la calidad de las frutas y legumbres secas. De esta manera, este bajo costo de secado al vacío de microondas es muy útil para investigar el secado de frutas y verduras en escala de laboratorio, y puede ser la base para hacer más grande equipo.”

Según Uribe *et al* (2015), en la investigación: Evaluación de menta seca al vacío (*Mentha piperita* L.) como fuente de antioxidantes naturales, resumen que:

El propósito de este estudio fue investigar 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. También se evaluaron 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 *M. piperita* L. se puede utilizar como un antioxidante natural, ya sea fresca o seca.

Según Zecchi et al. (2011), En su trabajo de investigación Modelado y minimización del tiempo de proceso de convección combinada y secado al vacío de setas y perejil, aplicó un método de secado, consistente en una primera etapa de secado conectivo y una segunda etapa de secado al vacío, a champiñones y perejil y resultó en un tiempo de secado total más corto y una calidad superior del producto. El objetivo de este trabajo fue obtener una alternativa tecnológica y económica para la deshidratación de hongos y perejil combinando conectivo y secado al vacío. Dependiendo del producto, esta combinación de tecnologías permite minimizar el tiempo de secado total y evita los efectos negativos sobre la calidad de los productos termo-sensibles durante el secado. Las curvas de secado experimentales se determinaron en un secador conectivo de flujo cruzado y en un secador de vacío de armario a 35, 45 y 55°C. Los modelos teóricos más apropiados fueron obtenidos y aplicados para procesos combinados con el fin de minimizar el tiempo de secado total y evitar el daño final del producto. Para el perejil a la temperatura más alta (45°C), se observaron reducciones de 63% y 16% en el tiempo de secado con el proceso de secado combinado en

comparación con el único secado por convección y vacío por aspiración, respectivamente. Esta reducción en el tiempo de proceso se obtuvo cuando el cambio del secador se realizó en la condición de humedad intermedia que determina la tasa de secado más alta durante todo el proceso combinado de secado por convección y vacío. Para hongos, secado conectivo durante todo el proceso, a la temperatura más alta (55°C) compatible con la calidad visual del producto, tiempo de secado minimizado.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis general

Las características de calidad del aguaymanto seco pueden mejorarse con el uso del prototipo secador a vacío.

2.3.2. Hipótesis específicos

- Las características técnicas del prototipo secador a vacío pueden influir para obtener aguaymanto seco de buena calidad.
- La eficiencia del prototipo secador a vacío en el secado del aguaymanto puede ser mejor en relación a un secador de bandejas convencional.
- El aguaymanto seco, utilizando el secador de vacío conserva mejor el contenido de vitamina C en relación al secador convencional.
- El aguaymanto seco utilizando el prototipo secador de vacío presenta mejores características organolépticas comparadas al secador convencional.

2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

2.4.1. Variables independientes

- X_1 = Presión de vacío: 10 y 15 KPa
- X_2 = Temperatura de secado: 45, 50 y 55°C

2.4.2. Variables dependientes.

- Y_1 = Eficiencia del secador
- Y_2 = Contenido de vitamina C
- Y_3 = Características organolépticas.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Se muestra en la siguiente matriz el detalle de la operacionalización de las variables.

Cuadro 9. Operacionalización de variables

DEFINICION DE VARIABLES	INDICADORES
<p>Variables independientes.</p> <p>X₁= Presión de vacío</p> <p>X₂= Temperatura de secado</p>	<p>X₁= Presión absoluta</p> <p>X_{1,2}=10 KPa X_{1,2}= 15 KPa X_{1,3}= Testigo (sistema aire forzado a presión normal 70.03 KPa)</p> <p>X₂= Temperatura</p> <p>X_{2,1}= 45°C X_{2,2}= 50°C X_{2,3}= 55°C X_{2,4}= Testigo (sistema aire forzado 55°C)</p>
<p>Variables dependientes.</p> <p>Y₁=Eficiencia</p> <p>Y₂=Humedad</p> <p>Y₃=Contenido de vitamina C</p> <p>Y₄=Características organolépticas</p>	<p>Y₁= Contenido de humedad</p> <p>Y₁₁= Porcentaje de humedad de aguaymanto seco</p> <p>Y₂= Eficiencia del tiempo de secado</p> <p>Y₂₁= Kg de aguaymanto seco/tiempo</p> <p>Y₃= Contenido de vitamina C</p> <p>Y₃₁ = mg de vitamina C/ 100g. de aguaymanto seco</p> <p>Y₄= Sabor, color y textura.</p> <p>Y₄₁ = Sabor Y₄₂ = Textura Y₄₃ = Color</p>

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en dos etapas, el diseño de prototipo en el software SOLIDWORK y la construcción del prototipo se realizó en la empresa mecánica industrial Vega EIRL del Sr. Antonio Vega Serpa ubicado en la avenida universitaria N° 384 El Tambo- Huancayo-Peru y las pruebas se realizaron en los laboratorios de la escuela académica profesional de ingeniería agroindustrial, UNHEVAL, ubicado en el distrito de Pillco Marca.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación es EXPERIMENTAL – EXPLICATIVA.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

3.1.1. Población; La población está conformada por los frutos de aguaymanto procedente del Centro Poblado de Micho del distrito de Chinchao de la provincia de Huánuco, de la región de Huánuco

3.1.2. Muestra; Se trabajó con 1 kg de frutos por tratamiento, siendo un total de 7 tratamientos, por tres repeticiones para cada tratamiento evaluando el óptimo rendimiento del prototipo y más un testigo con una máquina secadora de aire forzado por bandejas.

3.1.3. Unidad de análisis; La unidad de análisis son las pasas de aguaymanto sometidas a secado de vacío.

3.4. TRATAMIENTO EN ESTUDIO

Seis tratamientos y testigo, se evaluaron todos a 6 horas de secado al vacío; evaluando el contenido de humedad, de vitamina C, eficiencia, y características sensoriales del aguaymanto deshidratado.

Cuadro 10. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Especificaciones
T ₀	Secado convencional – 24 horas a 55°C
T ₁	10 KPa – 45°C
T ₂	15 KPa – 45°C
T ₃	10 KPa – 50°C
T ₄	15 KPa – 50°C
T ₅	10 KPa – 55°C
T ₆	15 KPa – 55°C

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.5.1. Hipótesis nula

H₀: No existen diferencias entre los tratamientos en estudio relacionados al uso del secador a vacío con el de bandejas de aire forzado con respecto a la eficiencia del aguaymanto seco.

$$\mathbf{H_0: } T_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = 0$$

3.5.2. Hipótesis alternativa

H₁: Al menos uno de los tratamientos en estudio relacionados al uso del secador a vacío con el de bandejas de aire forzado con respecto a la eficiencia del aguaymanto seco es diferente.

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

3.5.3. Diseño de la investigación.

3.5.3.1. Para las variables paramétricas

El diseño fue el experimental, con un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar el contenido de humedad y vitaminas C,

Después que se determinó el análisis de varianza con la cual se halló la diferencia estadística entre las muestras seguidamente se buscó el mejor tratamiento con la prueba de tukey $\alpha = 5\%$.

El modelo matemático correspondiente a un DCA (Diseño completamente al azar) tiene la ecuación siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor obtenido en la j -ésima repetición sometido al i -ésimo tratamiento

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ijk} = Efecto del error experimental

3.5.3.2. Para variables no paramétricas

Para evaluar las características sensoriales en los tratamientos, se utilizó la opinión de los panelistas semi-entrenados, los resultados de los 15 panelistas se contrastaron con la prueba no paramétrica de Friedman a un nivel de significación de $\alpha=5\%$

El Modelo de la Prueba Friedman es como se indica a continuación.

Sea $R_{(xij)}$ el rango asignado a la observación X_{ij} dentro del bloque j y sea R_j la suma de los rangos asignados a la muestra i :

$$R_j = \sum_{j=1}^b R(X_{ij})$$

Se calculan los valores A y B:

$$A = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b [R(X_{ij})]^2$$

$$B = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k R_i^2$$

El estadístico de la prueba es:

$$T = \frac{(k - 1) \left[bB - \frac{b^2 k (k + 1)^2}{4} \right]}{A - \frac{b k (k + 1)^2}{4}}$$

La Regla de decisión.

La hipótesis nula se rechaza con un nivel de significación α si T resulta mayor que el valor de la tabla $X^2_{(1-\alpha, k-1)}$.

3.5.4. Datos a registrar

Se registraron el resultado obtenido de los análisis de humedad, eficiencia del prototipo con respecto al tiempo de secado y del contenido de vitamina C, asimismo las características organolépticas con respecto al aguaymanto deshidratado.

3.5.5. 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: que permitió el análisis del material a estudiar y precisarlo desde un punto de vista formal y luego desde su contenido.
- Análisis de contenido: consistió en estudiar y analizar de una manera objetiva y sistemática el documento leído.

- Fichaje: se utilizó para registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y que ordenadas sistemáticamente sirvieron de fuente para elaborar el marco teórico, donde los instrumentos de investigación fueron las fichas de investigación (comentario y resumen), fichas de registro (Bibliográficas e internet).

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

De la misma manera, se obtuvo los datos de las fuentes primarias, utilizando la técnica de la observación e investigación, obteniendo información sobre el contenido de humedad y vitamina c, y las características organolépticas del aguaymanto deshidratado por vacío.

Los instrumentos utilizados fueron los equipos y materiales mencionados en los métodos, una libreta de apuntes y una computadora que sirvió para procesar los datos obtenidos.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Materia prima

La materia prima que se utilizó en el proyecto de investigación fue el aguaymanto (*Physalis peruviana*), de variedad colombiana, procedente del centro poblado de Micho, distrito de Chinchao, región Huánuco.

3.6.2. Materiales

- Planchas de acero inoxidable de 2mm de espesor.
- Envase de vidrio
- Tapas para el envase de vidrio
- Bolsas plásticas para envasado
- Vacuómetro

3.6.3. Equipos

- Bomba de vacío
- Secador de bandejas
- Pirómetro y termocupla. Marca R22, modelo Pt100, precisión 0.2%. España.
- Espectrofotómetro UV. Marca Thermo Scientific, modelo Genesys 10S UV – Vis, CORP. USA.
- Balanza estufa. Marca HWKessel s.a , modelo AND MX – 50, Alemania
- Balanza analítica. Marca ECOCELL, modelo LSIS-B2V/EC 55, T°C max 250, Germany.

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación, se enfocó en el diseño y construcción de un prototipo secador de vacío para la obtención de aguaymanto seco, como se muestra en la figura 4.

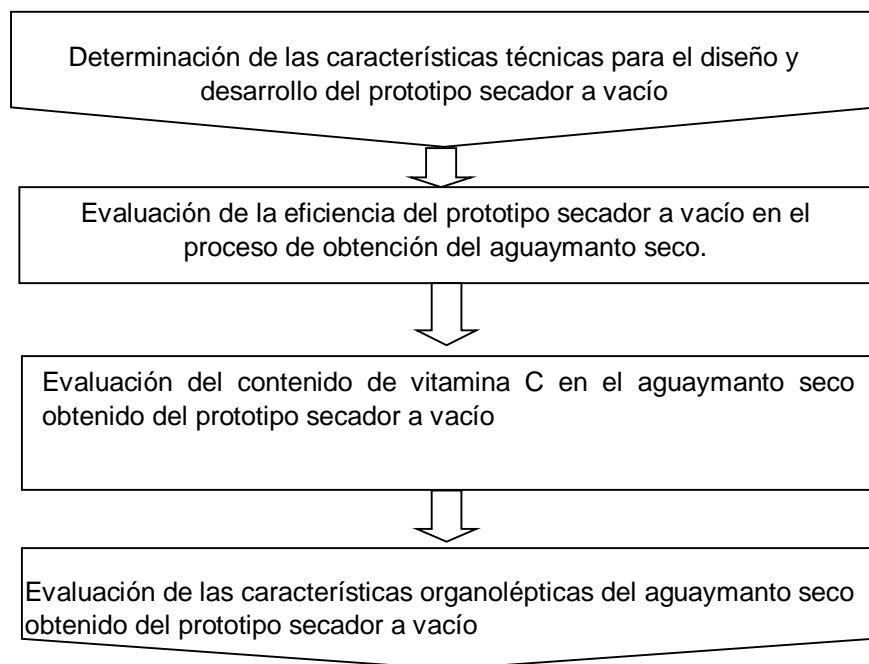


Figura 4. Conducción de la investigación del diseño y construcción del prototipo de secado a vacío del aguaymanto

3.7.1. Determinación de las características técnicas del prototipo secador a vacío

Esta etapa consistió en identificar los componentes básicos para generar vacío en la cabina de secado, las partes estuvieron compuestas por una cabina de bandejas, una fuente de calor con control de temperatura y un sistema de vacío.

3.7.2. Evaluación de la eficiencia del prototipo secador a vacío en el proceso de obtención del aguaymanto seco.

Esta etapa consistió en evaluar dos indicadores el contenido de humedad alcanzado con los diferentes tratamientos y el tiempo de secado de los mismos, los que se evaluaron siguiendo la secuencia del siguiente diagrama de flujo.

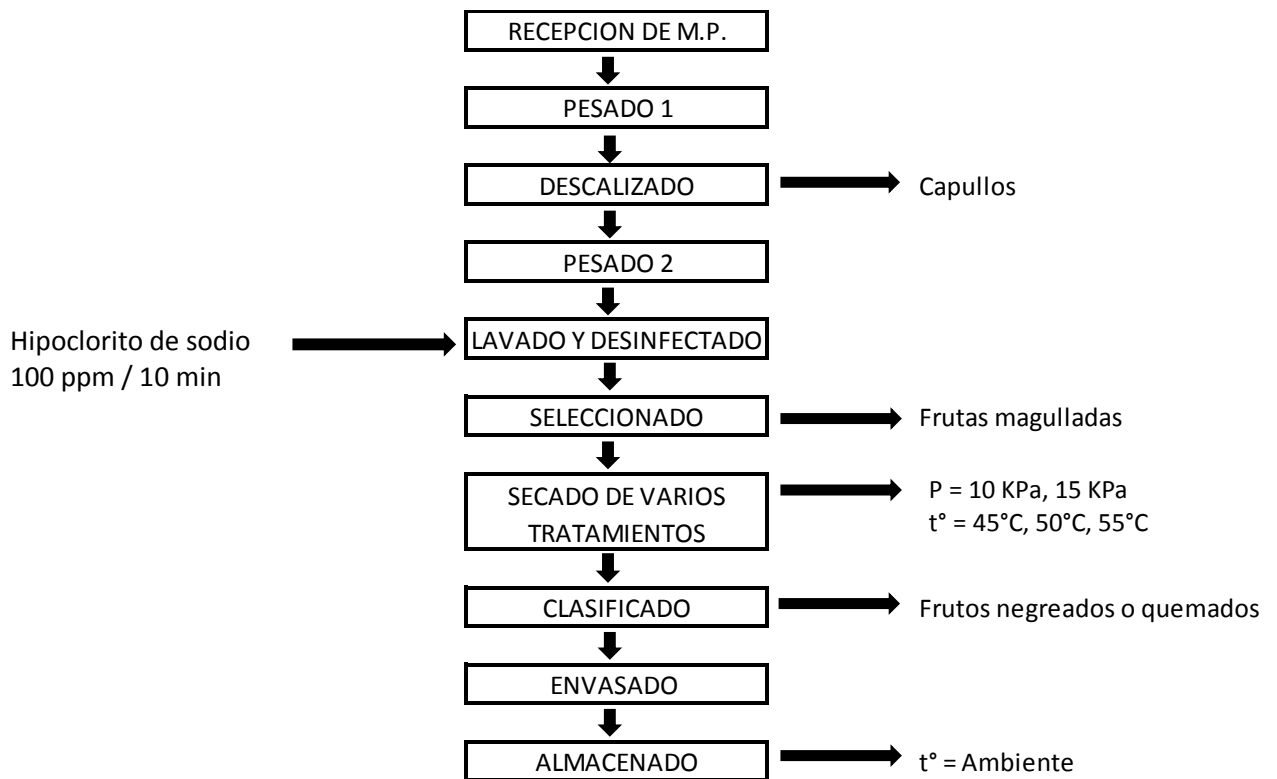


Figura 5. Flujograma de operaciones para la obtención de aguaymanto seco.

3.7.2.1. Recepción de la fruta: se recepcionó el fruto de aguaymanto teniendo en cuenta el índice de madurez de color anaranjado y nivel de conservación.

3.7.2.2. Pesado 1: se pesó el fruto de aguaymanto con su capullo o cáscara, la cual nos permitirá determinar el rendimiento de la fruta, que a su vez fue inspeccionada e iniciar rápidamente las operaciones de acondicionamiento.

- 3.7.2.3. Descalizado:** en esta operación se desprendió el cáliz o capucho del fruto de aguaymanto.
- 3.7.2.4. Pesado 2:** en esta operación se realizó el pesado del fruto pelado de aguaymanto, es decir sin su capullo, la cual nos permitirá determinar el rendimiento de la fruta.
- 3.7.2.5. Lavado / Desinfectado:** la operación de lavado consistió en rociar el fruto sin cáliz para retirar la materia extraña adherida al fruto con abundante agua. 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 (BRENNAN, J.G.2006).
- 3.7.2.6. Seleccionado:** Consistió en separar los frutos sanos y limpios en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente, asimismo se separó los frutos magulladas y rajados de los frutos en buen estado de madurez (ENCINA, C. UREÑA, M. REPO, R. 2007).
- 3.7.2.7. Secado:** se utilizó el prototipo secador a vacío, el cual alcanzó una presión de vacío de 15 KPa, el aguaymanto se dispuso en capas muy delgadas y alcanzaron por cada bandeja 1 kg de capacidad, los que fueron sometidos a 6 horas de secado a diferentes parámetros de presión y temperatura.

3.7.2.8. 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 (ENCINA, C. UREÑA, M. REPO, R. 2007).

3.7.2.9. Envasado: El aguaymanto deshidratado se envasó en bolsas de polietileno de acuerdo a los rendimientos logrados (ENCINA, C. UREÑA, M. REPO, R. 2007).

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

3.7.3. Evaluación del contenido de vitamina C

Para la evaluación del contenido de vitamina C se empleó el método AOAC (2008) de espectrofotometría, a todos los tratamientos incluyendo el testigo.

3.7.4. Evaluación organoléptica

En esta etapa de evaluación se realizó los análisis sensoriales al aguaymanto seco con 15 panelistas semi-entrenados. Los panelistas fueron estudiantes del quinto y cuarto año de Ingeniería Agroindustrial.

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL SECADOR DE VACÍO

El desarrollo del prototipo deshidratador al vacío, estuvo conformado por 4 partes básicas que a continuación detallamos.

4.1.1. La cabina de secado

Se diseñó la cabina de secado para 3 bandejas horizontales, el espacio de carga de la materia prima a secar, alcanzó una capacidad de 3 Kg de aguaymanto por bach por un tiempo de 6 horas., la cabina de secado contó con las siguientes partes: Entrada de aire (A), salida de succión para vacío (B), vacuómetro (C) y los rieles para las bandejas (D), como se muestra en la figura siguiente con las medidas en milímetros:

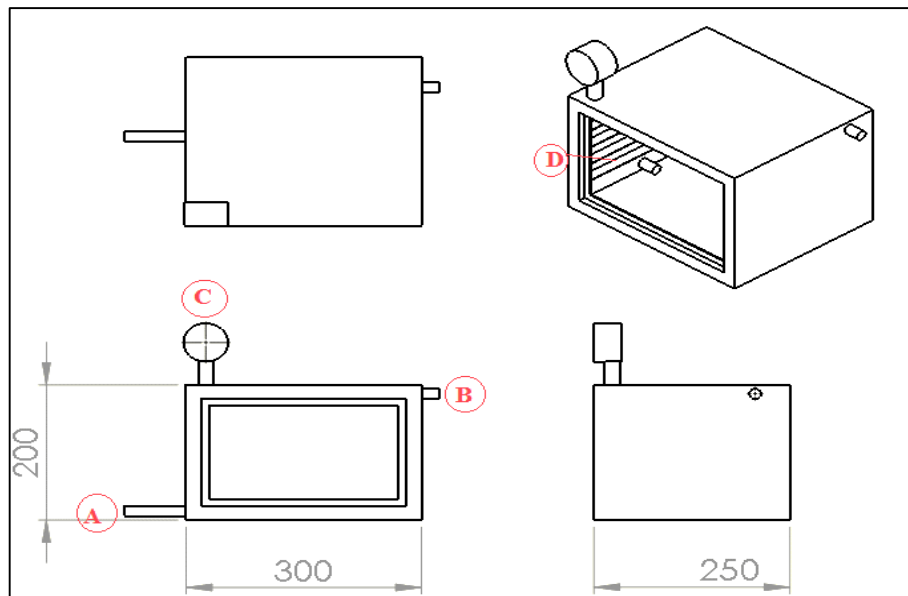


Figura 6. Vistas acotadas de la cabina

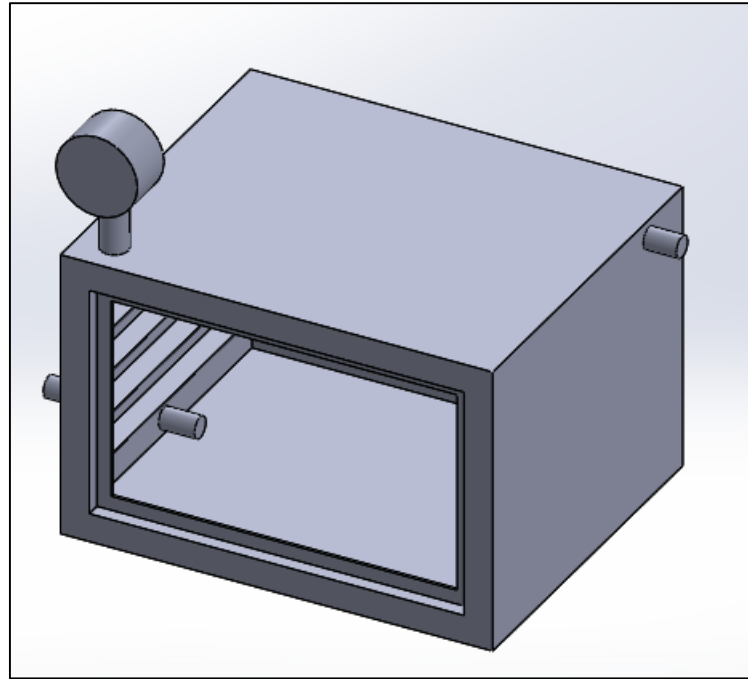


Figura 7. Vistas 3D isométrica

4.1.2. Fuente de calentamiento

Se trabajó para el diseño de la fuente de calentamiento tipo estufa con una resistencia eléctrica de nicrom de 2.6 Kw, situada en la base de la cabina, que fue controlado para el aporte de calor mediante un pirómetro electrónico leyendo la temperatura, tal como se muestra en la figura siguiente.



Figura 8. Resistencia de Nicrom.



Figura 9. Pirómetro electrónico

4.1.3. Sistema de vacío

La bomba de vacío que se utilizó y además es el más comercial en el mercado, es la bomba de vacío de anillo líquido tipo NASH, de consumo energético de 0,75 Kw, que genera presión absoluta de 0.00 Kpa y máximo 35 Kpa de presión el que está diseñado para trabajo continuo.

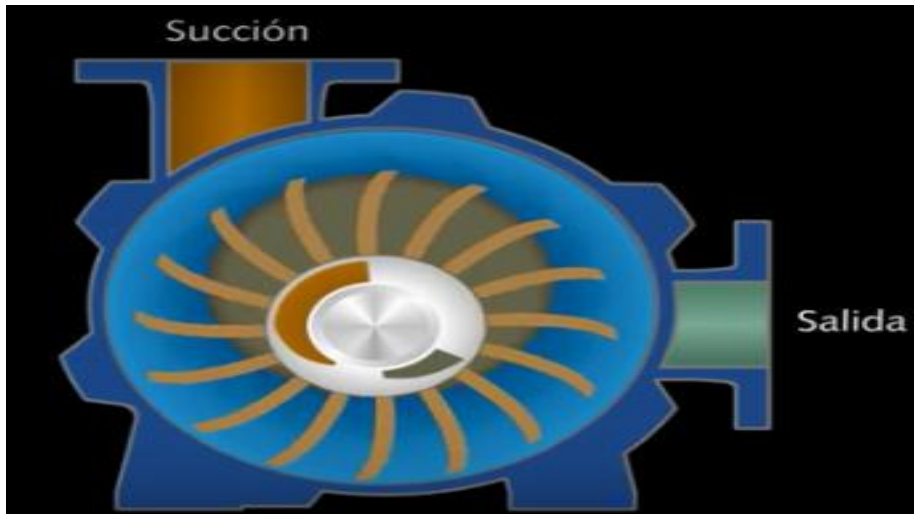


Figura 10. Bomba de Vacío

El prototipo de secador de vacío terminado finalmente se compuso de la cabina de secado (A) que soporta una temperatura ambiental como mínimo y 75 °C como máximo, de la fuente de calentamiento (B) y del sistema de vacío (C), quedando de la siguiente manera:

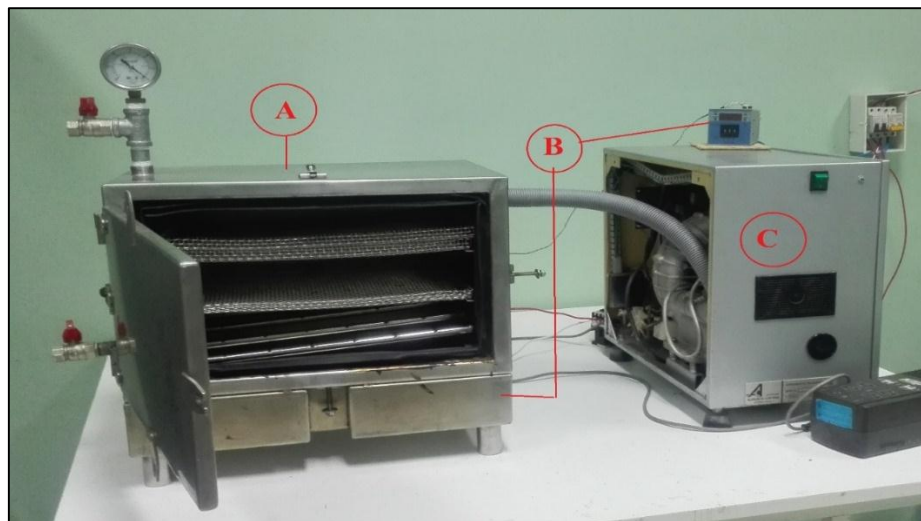


Figura 11. Prototipo secador de Vacío

4.2. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO SECADOR DE VACÍO

4.2.1. Contenido de humedad

Los resultados en cuanto al contenido de humedad en los tratamientos sometidos al proceso de secado al vacío son descendentes a medida que se incrementa la temperatura, como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Comportamiento del contenido de humedad en 6 horas de secado.

Tratamiento	Promedio
T ₀	14.2
T ₁	24.11
T ₂	23.68
T ₃	12.80
T ₄	12.16
T ₅	8.25
T ₆	7.84

Como se aprecia en el cuadro 12, existen diferencias significativas entre los tratamientos a diferentes presiones y temperaturas. Se asume esto debido a que la significancia de 0.017×10^{-8} siendo menor que el error de 0.05.

Cuadro 12. Análisis de varianza de humedad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	804.607	6	134.101	12411.301	0.017x10 ⁻⁸
Error	0.151	14	0.011		
Total	804.758	20			

Por otro lado, se puede apreciar que el tratamiento T₆, fue el que perdió más cantidad de humedad en un tiempo de 6 horas, del 75% de humedad de la fruta fresca

Cuadro 13. Contrastación del contenido de humedad con la prueba Tukey

Tratamientos	X	Significancia
T ₆	67.1569	a
T ₅	66.7500	b
T ₄	62.8400	c
T ₃	62.2000	d
T ₀	60.8800	e
T ₂	51.3200	f
T ₁	50.8900	g

4.2.2. Eficiencia con respecto al tiempo de secado

Los resultados de eficiencia se midieron bajo el indicador rendimiento versus tiempo, el cual compara la misma cantidad producida de rendimiento de 36% a 40% con una humedad fija del Testigo T₀ de 14% de humedad, siendo variados los tiempos de secado en horas, como se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Tiempo de secado para alcanzar 14% de humedad.

Tratamiento	Promedio
T ₀	24
T ₁	10.33
T ₂	10.15
T ₃	5.48
T ₄	5.21
T ₅	3.54
T ₆	3.36

Como se aprecia en el cuadro 15, existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se asume esto debido a que la significancia de 0.012×10^{-9} y es menor que el error de 0.05.

Cuadro 15. Análisis de varianza de la eficiencia

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	949.035	6	158.173	86275.909	0.012x10 ⁻⁹
Error	0.26	14	0.002		
Total	949.061	20			

Por otro lado el tratamiento T₆ fue el que alcanzó el menor tiempo de secado y el tratamiento T₀ fue el que obtuvo mayor tiempo de secado en relación a todos los tratamientos, como se aprecia en el cuadro 16.

Cuadro 16. Contrastación de la eficiencia en los tratamientos con la prueba Tukey

Tratamientos	X	Significancia
T ₆	3.3633	a
T ₅	3.5333	b
T ₄	5.2133	c
T ₃	5.4800	d
T ₂	10.1467	e
T ₁	10.3300	f
T ₀	24.0000	g

4.3. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA VITAMINA C

Los resultados del contenido de ácido ascórbico fueron medidos en función a mg/100g como se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17. Contenido de vitamina C.

Tratamiento	Promedio
T ₀	13.85
T ₁	14.61
T ₂	14.22
T ₃	15.83
T ₄	14.80
T ₅	17.11
T ₆	17.69

Como se aprecia en el cuadro 18, existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se asume esto debido a que la significancia de 0.028×10^{-12} es menor que el error de 0.05.

Cuadro 18. Análisis de varianza de vitamina C

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	34.235	6	5.706	5255.322	0.028x10 ⁻¹²
Error	0.15	14	0.001		
Total	34.250	20			

Por otro lado el tratamiento T₆ es el único que alcanzó el mayor valor con respecto a los otros tratamientos evaluados incluyendo el testigo, que entre todos son diferentes estadísticamente como se aprecia en el cuadro 19.

Cuadro 19. Contrastación de la vitamina C de los tratamientos con la prueba Tukey.

Tratamientos	X	Significancia
T ₆	17.6867	a
T ₅	17.1100	b
T ₃	15.8600	c
T ₄	14.8000	d
T ₁	14.6100	e
T ₂	14.2167	f
T ₀	13.8533	g

4.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES.

4.4.1. Sabor.

Según el estudio de sabor realizado a 15 panelistas semi-entrenados el cuadro muestran los valores alcanzados de acuerdo a los tratamientos planteados.

Cuadro 20. Resultados de los panelistas con respecto al sabor

Tratamiento	Promedio
T ₀	3.27
T ₁	4.47
T ₂	4.20
T ₃	6.40
T ₄	6.27
T ₅	5.53
T ₆	6.37

Del análisis estadístico de Friedman, los resultados obtenidos por los panelistas muestran que existen diferencias significativas entre ellos como se puede apreciar en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Prueba de sabor con Friedman

Estadísticos de prueba Friedman	
N	15
Chi-cuadrado	76.544
Gl	6
Significancia	0.014×10^{-10}

La prueba de contrastación nos muestra que los tratamientos T₃, T₆ y T₄ son alcanzaron los mayores puntajes de sabor y la igualdad estadística, como se puede apreciar en el cuadro 22.

Cuadro 22. Contrastación de la prueba de sabor con Friedman

Tratamientos	X	Significancia
T ₃	6.10	a
T ₆	6.00	a
T ₄	5.83	a
T ₁	3.27	b c
T ₂	2.97	c
T ₅	2.03	d
T ₀	1.80	e

4.4.2. Textura.

Según el estudio de sabor realizado a 15 panelistas semi-entrenados el cuadro 23. Se muestran los valores alcanzados de acuerdo a los tratamientos planteados.

Cuadro 23. Resultados de los panelistas con respecto al textura

Tratamiento	Promedio
T ₀	3.40
T ₁	5.20
T ₂	5.47
T ₃	6.20
T ₄	6.27
T ₅	3.60
T ₆	5.80

Del análisis estadístico de Friedman, los resultados obtenidos por los panelistas muestran que existen diferencias significativas entre ellos como se puede apreciar en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Prueba de textura con Friedman

Estadísticos de prueba Friedman	
N	15
Chi-cuadrado	73.931
Gl	6
Significancia	0.011×10^{-7}

La prueba de contrastación nos muestra que los tratamientos de mayor puntaje e iguales son el T₃ y T₆, siendo diferentes estadísticamente con los otros tratamientos como se puede apreciar en el cuadro 25.

Cuadro 25. Contrastación de la Prueba de Textura con Friedman

Tratamientos	X	Significancia
T ₃	5.93	A
T ₆	5.80	a
T ₄	5.07	b
T ₁	4.37	c d
T ₂	3.77	d

T ₅	1.67	e f
T ₀	1.40	f

4.4.3. Color.

Según el estudio de color realizado a 15 panelistas semi-entrenados el cuadro muestran los valores alcanzados de acuerdo a los tratamientos planteados.

Cuadro 26. Resultados de los panelistas con respecto al color

Tratamiento	Promedio
T ₆	6.20
T ₁	5.93
T ₂	5.53
T ₃	5.93
T ₄	5.80
T ₅	5.33
T ₀	5.80

Del análisis estadístico de Friedman, los resultados obtenidos por los panelistas muestran que existen diferencias significativas entre ellos como se puede apreciar en el Cuadro 27, dado que la significancia de 0.014×10^{-5} es menor a 0.05

Cuadro 27. Prueba de textura con Friedman

Estadísticos de prueba Friedman	
N	15
Chi-cuadrado	16.000
Gl	6
Significancia	0.014×10^{-5}

La prueba de contrastación nos muestra que los tratamientos de mayor puntaje son el T₆, T₃, T₁, T₀ y T₄ que a su vez son iguales estadísticamente, pero diferentes con los otros tratamientos como se puede apreciar en el cuadro 28.

Cuadro 28. Contrastación de la prueba de textura con Friedman

Tratamientos	X	Significancia
T ₀	5.00	a
T ₃	4.43	a b
T ₁	4.40	a b
T ₆	4.17	a b
T ₄	4.10	a b
T ₂	3.20	b c
T ₅	2.70	c

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL SECADOR DE VACÍO

Según Brenan (2006). el secador de vacío consiste en una cámara a vacío conectada a un condensador y a una bomba de vacío. Normalmente la cámara es cilíndrica, y tiene una o dos puertas de acceso. Por lo general está montada en posición horizontal. La cámara está equipada por un número de placas o estantes huecos, dispuestos horizontalmente. El material alimentario se extiende en capas relativamente finas en las bandejas metálicas. Estas bandejas se cierran se colocan en los estantes, la cámara se cierra y se produce presión por medio del condensador y de la bomba de vacío. La presión absoluta creada está en un rango de 5 a 30 KPa., correspondiendo temperaturas de evaporación de 30-80°C. En general la calidad de las frutas y hortalizas secadas a vacío, es mejor que los productos secados al aire.

Por nuestra parte nuestro prototipo secador de vacío se encuentra dentro de los rangos de vacío, habiendo encontrado su máxima presión de 15 KPa. con rangos de temperatura de entre 45 y 55°C.

5.2. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO SECADOR A VACÍO

5.2.1. Con respecto al 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 de los tratamientos T₅ y T₆, fueron los que alcanzaron valores de 8.25% y 7.84%, corroborando esta información.

Por otro lado Según INEN (2015), en su publicación de 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 T₄ y el T₃ con 12.16% y 12.8% respectivamente.

5.2.2. Con respecto a la eficiencia

Según Colina (2010), manifiesta que para calcular el tiempo de deshidratación es similar al proceso de liofilización y/o congelación, pudiendo lograr menores tiempos en comparación al secado convencional en bandejas por aire caliente.

En nuestro caso el mejor tratamiento en cuanto a tiempo de secado fue el tratamiento T₆, que registro 3.36 horas para llegar a 14% de humedad en comparación del testigo T₀ de 24 horas con la misma humedad.

5.2.3. Evaluación del contenido de la vitamina C

Existe una ligera tendencia de reducción del ácido ascórbico en los tratamientos, en comparación con el testigo T₀, siendo todos los tratamientos los que obtuvieron menor pérdida de vitamina C, el Tratamiento T₆ que alcanzó un 17.69 mg/100g seguido de T₅ 17.11 mg/100g en comparación al 13.85% del testigo, según Camacho (2005), el aguaymanto fresco contiene 26 mg de vitamina C en 100 gr de fruto fresco de aguaymanto, pero el aguaymanto de variedad colombiana producida en la comunidad de Chinchao – Huánuco contiene 24 mg de vitamina C por 100 g de fruto fresco, todos los tratamientos en comparación al tratamiento patrón conservan mejor la vitamina C . Por otro lado Colina (2010), manifiesta que, el secado al vacío se recomienda en frutas que requieren conservar a las concentraciones de vitamina C.

5.3. DE LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES EN ALMACENAMIENTO.

5.3.1. Sabor.

En cuanto al estudio de sabor realizado a los panelistas semi-entrenados resaltan los tratamientos T₃, T₆ y T₄ los que conservaron sus características de sabor al 6to mes.

Según Zecchi et al. (2011), en su trabajo de investigación Modelado y minimización del tiempo de proceso de convección combinada y secado al vacío de setas y perejil, aplicó un método de secado, consistente en una primera etapa de secado convectivo y una segunda etapa de secado al vacío, a champiñones y perejil y resultó una calidad superior organolépticamente del producto.

Por otro lado, INEN (2015), menciona que, las pasas de uvilla (aguaymanto), en cuanto a las características sensoriales con respecto al sabor deben ser característico de la variedad. Que para el caso de nuestra investigación los mejores tratamientos con respecto a sabor fueron el T₃, T₄ y T₆.

5.3.2. Textura

En cuanto al estudio de textura realizado a los 15 panelistas semi-entrenados resaltan los tratamientos T₀ y T₃ tal situación se explica, dado que ambos tratamientos van relacionados a su contenido de humedad, siendo los más suaves y consistentes. Al respecto Lemos *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.

5.3.3. Color

Como era de esperar los tratamientos fueron diferentes, siendo los que obtuvieron puntaje bajo el T2 y T5, y los mejores resultados los lograron el resto de los tratamientos.

Uribe *et al* (2015), en la investigación: Evaluación de menta seca al vacío (*Mentha piperita* L.) como fuente de antioxidantes se observó un ligero cambio en el color y el contenido de clorofila en las muestras, que puede ser atribuido a las temperaturas de 70°C, en comparación a nuestros tratamientos que no supero de 55°C.

VI. CONCLUSIONES

- Las características técnicas del prototipo secador a vacío fueron principalmente sus 3 partes fundamentales: cabina de secado, la fuente de calentamiento y el sistema de vacío el que llegó de 10 a 15 KPa de presión absoluta, a una temperatura de 45°C a 55°C en tiempo de 6 horas con una capacidad de 3 kg por bach llegando a una humedad de 14%.
- En cuanto a la eficiencia con respecto a los análisis de humedad y tiempo de secado el tratamiento más rápido fue el T₆ (55°C a 15 KPa de presión absoluta), llegando a 14% de humedad por un tiempo de 6 horas y 3 Kg por bach, alcanzando el menor contenido de humedad y menor tiempo; siendo superior al T₀ de secado en bandejas por aire caliente a 55°C por 24 horas.
- En cuanto a la evaluación de la vitamina C, el tratamiento que registro el mayor contenido de este nutriente fue T₆ (55°C 17.69 mg/100 de vitamina C a 15 KPa de presión absoluta), superando al T₀ (CONVENCIONAL) a 55°C que obtuvo 13.85 mg/100 de vitamina C.
- Las mejores características organolépticas con respecto al sabor, textura y color fueron los tratamientos el T₃ (50°C a 10 KPa) y T₆ (55°C 15 Kpa) de presión absoluta habiendo superado al T₀, con un cualitativo promedio de Bueno.

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 degradación de color en el tiempo de la tecnología de secado de vacío con respecto al convencional.
- Buscar otras alternativas de caracterización como es la medida del color en la escala CieLab.
- Evaluar la eficiencia del prototipo secador a vacío con otras materias primas de interés comercial.

VIII. LITERATURA CITADA

1. AGUILAR, T. 2011. Instituto de salud y nutrición, Vitamina C. Editorial Adamsa Impresiones S. A. Mexico. San Antonio de la Punta. Páginas 18 – 27. Consultado el 16 de marzo del 2015. Disponible en la página web: <https://www.insk.com>.
2. 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.
3. BRENNAN, J.G. 2006. Manual del Procesado de los Alimentos. Edición en lengua española. Editorial Acribia. Edición 03 año 2006. Zaragoza. España. Páginas 133 al 177.
4. COLINA IREZABAL, María L. 2010. Deshidratación de Alimentos. Primera Edición. Edit. Trillas. México. Páginas de 11 al 141.
5. CRIADO, D. Manuel, S. Moya, M. 2011. Vitaminas y antioxidantes. Consultado 16 marzo del 2015. Páginas de 10 al 18. Disponible en la página web:

[http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS_Y
_ANTIOX_EL_MEDICO.pdf](http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS_Y_ANTIOX_EL_MEDICO.pdf)

6. DOPF L. 1998. Aguaymanto. Huanuco. Peru. Páginas del 21 al 42. Consultado 7 de marzo 2015 (en línea). Disponible en la página. <https://es.scribd.com/document/259443292/TESIS-CAPACIDAD-ANTIOXIDANTE24NOVIEMBRE-doc>.
7. 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. Editorial Guzlop Editoras. 1ra edición. Lima. Peru. Paginas. 134 al 178 Consultado 15 de marzo 2015 (en línea). Disponible en la página web: https://guzlop-editoras.com/web_des/ing01/alimentaria/pld0292.pdf
8. FRANCIA y BARRUETA 2009. Tesis titulado Actividad antioxidante del aguaymanto (*Physalis peruviana*) fresco y deshidratado con tres pre tratamientos de osmo deshidratación, Grado académico de Ing. Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias UNHEVAL – Huánuco.
9. GRÁNDEZ, G. 2008. Evaluación Sensorial y Físico-Química De Néctares Mixtos de Frutas a Diferentes Proporciones. Editorial Acribia. 3er Edición. Piura. Peru. Paginas del 10 al 60 Consultado 7 de marzo 2015 (en línea). Disponible en la página web: <http://pirhua.udep.edu.pe>.
10. INEN (Instituto De Normalización Ecuatoriano). 2014. NTE INEN-ISO 4125. FRUTOS SECOS Y FRUTAS DESECADAS – DEFINICIONES Y

NOMENCLATURA (ISO 4125:1991,IDT). Editorial Acribia. Segunda edición. Quito – Ecuador. Páginas de 02 al 06.

11. INEN (Instituto De Normalización Ecuatoriano). 2015. NTE INEN 2996. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS. ZANAHORIA, ZAPALLO, UVILLA. REQUISITOS. Quito – Ecuador. Páginas de 03 al 08.
12. INEN. 2009. NTE 2485: FRUTAS FRESCAS. UVILLA. REQUISITOS. Primera Edición. República de Ecuador. Paginas de 01 al 08.
13. LEMOS, R. et al. 2015. How to make a microwave vacuum dryer with turntable. Department of Chemical and Food Engineering, College of Food Engineering, Federal University of Santa Catarina. Brazil. Paginas del 278 al 286.
14. 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. Páginas de 27 al 33.
15. MORTON J. 1997. Aguaymanto (*Physalis peruviana*). Editorial CEBAS CSIC. 1ra Edicion. España. Páginas de 47 al 120. Disponible en la página. <http://es.wikipedia.org.com>
16. NMX-F. 1980. -057-S- Néctar de mango. Norma mexicana. Dirección General de normas. Paginas del 03 al 06. Consultado el 10 de marzo 2015 (en

línea). Disponible en la página web:
<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-057-S-1980.PDF>

17. 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” Medellín. Colombia. Páginas de 6932 al 6938.
18. The National Academy of Sciences 2000. Vitamina C, vitamina E y otros antioxidantes de origen alimentario. Editorial Acribia. Volumen 44. Sevilla. España. Pagina 03 al 05. Disponible en la página:
<http://www.uco.es>
19. URIBE, E. et al. 2015. Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidants. Department of Food Engineering, La Serena University. La Serena – Chile.
20. VELÁSQUEZ & MESTANZA, 2003. Manejo agronómico de *Physalis peruviana*, Editora Macro. Páginas de 05 al 30. Cajamarca. Perú.
21. VELEZMORO J. J. 2004. “Perfil de mercado del aguaymanto”. Cajamarca - Perú. Disponible en la página web: www.sica.gov.ec

ANEXOS

ANEXO 1:
Norma Técnica del Aguaymanto

ANEXO 2:
**Norma Técnica de deshidratado
de Aguaymanto**

ANEXO 3:
Datos de la toma de muestra

ANEXO 4: Panel fotográfico

