

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



“DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL ÁCIDO
ASCÓRBICO EN EL ZUMO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*
L.)”

TESIS PRESENTADA POR

RENE CRISTIAN CHIPANA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL ÁCIDO
ASCÓRBICO EN EL ZUMO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*
L.)”

TESIS PRESENTADA POR

RENE CRISTIAN CHIPANA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Revisado y aprobado por el jurado revisor conformado por:

PRESIDENTE

:


M.Sc. Pablo Pari Huarcaya

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. Roger Segura Peña

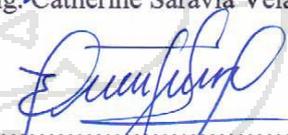
SEGUNDO MIEMBRO

:


Ing. Catherine Saravia Velazco

DIRECTOR DE TESIS

:


Ing. Edgar Gallegos Rojas

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

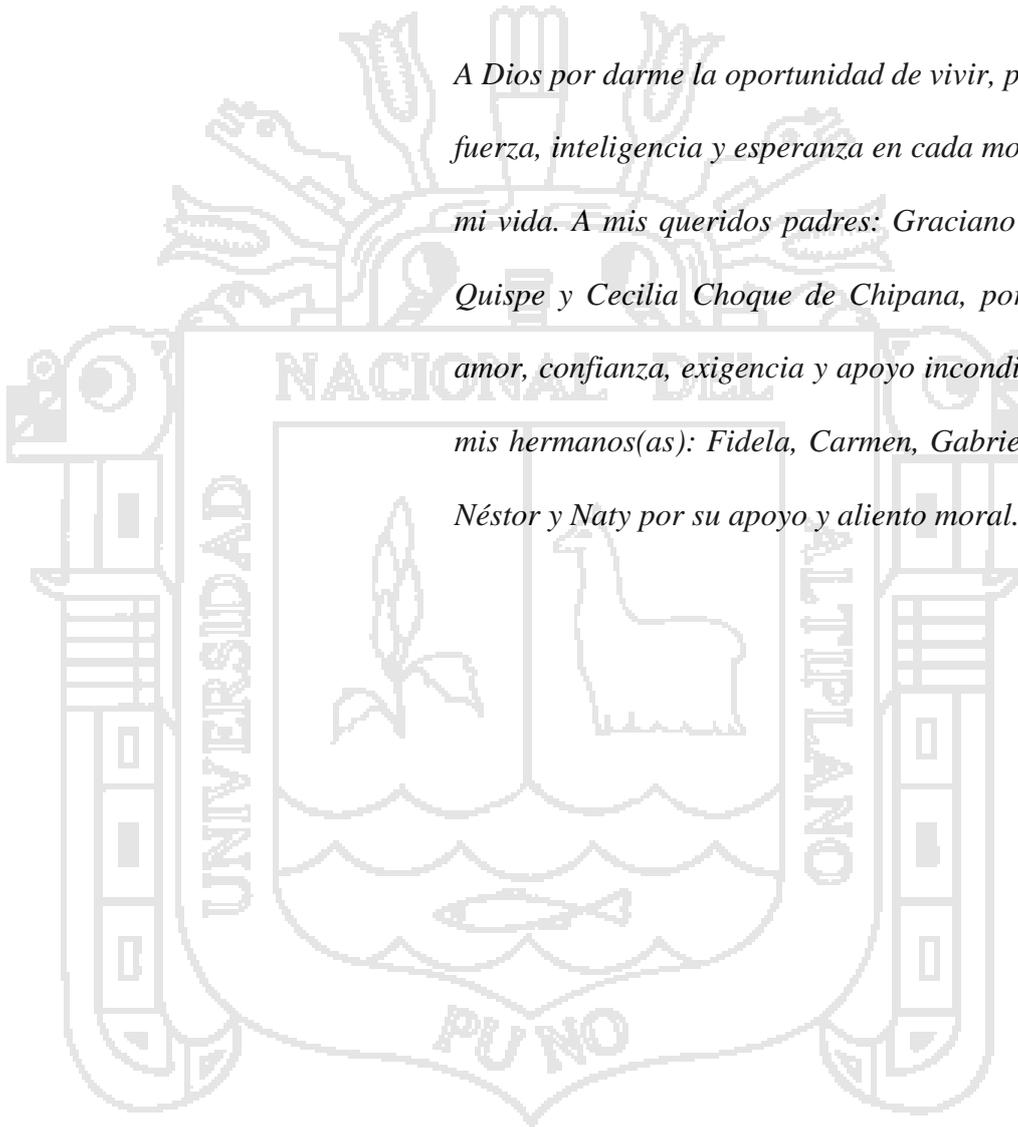
PUNO – PERÚ

2014

Área: Ingeniería y tecnología**Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes**

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir, por darme fuerza, inteligencia y esperanza en cada momento de mi vida. A mis queridos padres: Graciano Chipana Quispe y Cecilia Choque de Chipana, por todo su amor, confianza, exigencia y apoyo incondicional. A mis hermanos(as): Fidela, Carmen, Gabriel, Edwin, Néstor y Naty por su apoyo y aliento moral.



AGRADECIMIENTO

Al Ing. Edgar Gallegos Rojas por su estímulo, tutoría y dirección en la ejecución de la tesis.

A la M.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez, por su asesoramiento y poder culminar con la ejecución de mi tesis.

Al Ing. Simón Cahuaya Cahuaya por su apoyo y guía durante la ejecución de esta investigación.

A mis jurados por sus aportes críticos en cuanto a la investigación, logrando con ello perfeccionar el presente trabajo.

A todo mis docentes que colaboraron conmigo durante el periodo universitario y durante la ejecución de la investigación para poder tener una mejor formación profesional y por brindarme las enseñanzas necesarias, que se ven concretada hoy con esta contribución que es mi tesis.

A mis colegas y amigos quienes me brindaron su apoyo moral y guía durante la ejecución de mi tesis: Álvaro, Antonio, Margot, Chevalier, Paulina y a las personas que han formado parte de mi vida pre-profesional les agradezco por su sincera amistad y compañía en los momentos buenos y difíciles circunstancias de la vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. AGUAYMANTO	3
2.1.1. Generalidades.....	3
2.1.2. Descripción	4
2.1.3. Nombres vulgares	6
2.1.4. Variedades de aguaymanto	6
2.1.5. Composición nutricional del aguaymanto	8
2.1.6. Manejo de poscosecha	10
2.1.7. Producción de aguaymanto en el Perú.....	12
2.1.8. Exportación y productos derivados del aguaymanto	14
2.2. ÁCIDO ASCÓRBICO	17
2.2.1. Degradación química del ácido ascórbico	19
2.2.2. Estabilidad del ácido ascórbico.....	21
2.2.3. Velocidad de destrucción del ácido ascórbico	24
2.2.3.1. Orden de reacción cero	25
2.2.3.2. Orden de reacción uno	25

2.2.4. Determinación del ácido ascórbico por titulación visual con 2,6 diclorofenolindofenol.....	27
2.3. TRATAMIENTO TÉRMICO.....	28
2.3.1. Pasteurización	29
2.3.2. Esterilización	30
2.3.3. Efecto del calor sobre la degradación de nutrimentos	31
2.4. ZUMO	32
2.4.1. Zumo de fruta.....	32
2.4.2. Zumo de fruta a partir de concentrados	33
2.4.3. Zumo concentrado de fruta.....	34
2.4.4. Zumo de fruta extraído con agua	34
2.4.5. Zumo de aguaymanto.....	35
2.5. ALMACENAMIENTO	35
2.6. MICROBIOLÓGIA EN ZUMOS	36
2.6.1. Mohos	39
2.6.2. Levaduras.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	41
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	41
3.2.1. Materia prima.....	41
3.2.2. Equipos de laboratorio	41
3.2.3. Materiales de laboratorio	42
3.2.4. Reactivos.....	42
3.2.5. Insumos y otros materiales	43
3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	44

3.3.1. Descripción del proceso.....	45
3.4. FACTORES DE ESTUDIO.....	47
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	48
3.5.1. Determinación de ácido ascórbico por titulación	48
3.5.2. Análisis microbiológico.....	50
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
3.6.1. Determinación del efecto de la pasteurización en el ácido ascórbico del zumo de aguaymanto	52
3.6.2. Determinación del grado de conservación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones refrigeración y medio ambiente	53
3.6.3. Determinación del contenido de mohos y levaduras del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración y medio ambiente	56
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	57
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	57
4.2. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA PASTEURIZACIÓN EN EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO DEL ZUMO DE AGUAYMANTO	60
4.3. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONSERVACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO DEL ZUMO DE AGUAYMANTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.....	64
4.3.1. Determinación de vida útil.....	70

4.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MOHOS Y LEVADURAS EN EL ZUMO DE AGUAYMANTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES REFRIGERACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.....	74
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS	88



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) por 100 g de parte comestible.....	8
Tabla 2. Contenido de minerales del fruto de aguaymanto	9
Tabla 3. Contenido de vitaminas en el fruto de aguaymanto.....	9
Tabla 4. Contenido de vitaminas en algunos frutales andinos.....	10
Tabla 5. Principales mercados de exportación.....	15
Tabla 6. Ficha comercial del aguaymanto	16
Tabla 7. Norma sanitaria que establece criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano para bebidas no carbonatadas	40
Tabla 8. Tratamientos de pasteurización	52
Tabla 9. Temperatura y tiempo durante el almacenamiento.....	54
Tabla 10. Norma sanitaria.....	56
Tabla 11. Análisis fisicoquímico del fruto de aguaymanto	57
Tabla 12. Análisis microbiológico del fruto de aguaymanto.....	59
Tabla 13. Concentración de ácido ascórbico en los tratamientos	60
Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de ácido ascórbico en la pasteurización	61
Tabla 15. Prueba de rango de múltiples de Duncan para la pasteurización, $\alpha = 0.05$...	61
Tabla 16. Resultado de la concentración del ácido ascórbico durante el almacenamiento.....	64
Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto tiempo y temperatura durante el almacenamiento.....	66

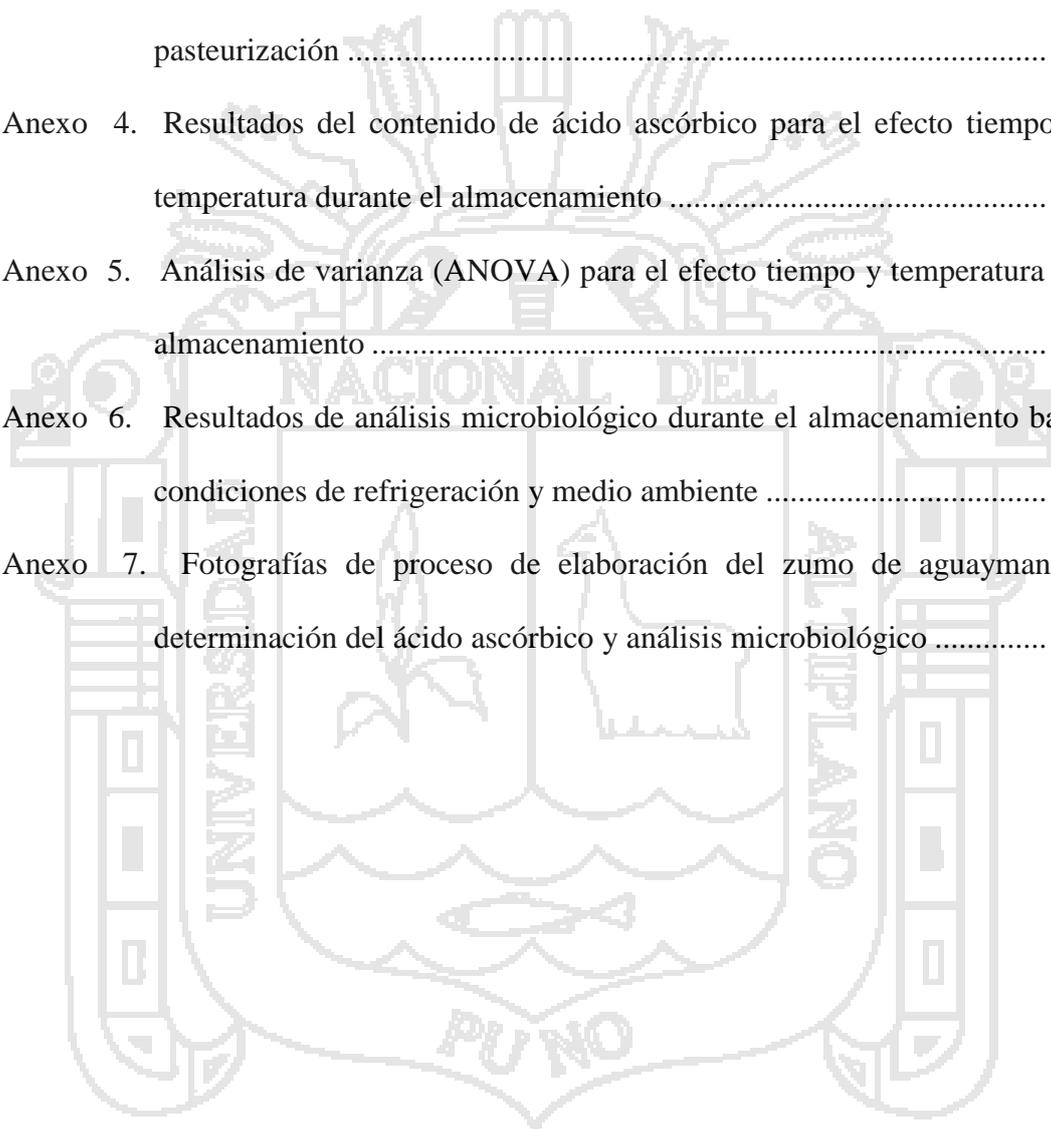
Tabla 18. Pruebas de rango múltiple de Duncan para la temperatura de almacenamiento, $\alpha=0,05$	66
Tabla 19. Pruebas de rango múltiple de Duncan para el tiempo de almacenamiento, $\alpha=0.05$	67
Tabla 20. Tasa de pérdida de ácido ascórbico k, del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento a condiciones de refrigeración y al medio ambiente....	71
Tabla 21. Vida de útil del zumo de aguaymanto	73
Tabla 22. Resultados de análisis microbiológico en el zumo de aguaymanto durante el almacenamiento en refrigeración (4 ± 1 °C)	74
Tabla 23. Resultados de análisis microbiológico en el zumo de aguaymanto durante almacenamiento al medio ambiente ($12 - 18$ °C)	74
Tabla 24. Acidez titulable total del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento.	75
Tabla 25. pH del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de aguaymanto.....	5
Figura 2. Fruto de aguaymanto	5
Figura 3. Diagrama de flujo de poscosecha del aguaymanto	10
Figura 4. Distribución de exportaciones (US\$ FOB) del año 2012.....	15
Figura 5. Estructura de ácido ascórbico y sus derivados	17
Figura 6. Esquema general de los mecanismos de las degradaciones oxidativas y anaeróbicas del ácido ascórbico, las estructuras en negrita son fuente primaria de vitamina C.....	19
Figura 7. Estabilidad y reacciones de degradación del ácido ascórbico.....	22
Figura 8. Titulación visual con 2,6 - diclorofenolindofenol	27
Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración del zumo de aguaymanto	44
Figura 10. Gráfico de comparación entre los tratamientos de pasteurización en la retención del ácido ascórbico	60
Figura 11. Degradación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración y al medio ambiente..	65
Figura 12. Gráfica de orden de reacción cero en la degradación del ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto.....	72
Figura 13. Gráfica de orden de reacción uno en la degradación del ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Norma técnica colombiana NTC 4580.....	89
Anexo 2. Resultados para el efecto pasteurización en el contenido de ácido ascórbico	91
Anexo 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de tratamientos pasteurización	91
Anexo 4. Resultados del contenido de ácido ascórbico para el efecto tiempo y temperatura durante el almacenamiento	92
Anexo 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto tiempo y temperatura de almacenamiento	92
Anexo 6. Resultados de análisis microbiológico durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración y medio ambiente	93
Anexo 7. Fotografías de proceso de elaboración del zumo de aguaymanto, determinación del ácido ascórbico y análisis microbiológico	94



RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la estabilidad del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la pasteurización y almacenamiento. La materia prima utilizada fue aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), obtenida del Cusco. La metodología aplicada fue la pasteurización convencional, donde se evaluaron tres tratamientos 65 °C por 30 minutos, 77 °C por 1 minuto y 88 °C por 15 segundos. Se evaluó el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración ($4 \pm 1^\circ\text{C}$) y al medio ambiente (12 – 18 °C) en intervalos (0, 7, 14, 21, 28 y 35 días). Los resultados mostraron que el tratamiento de pasteurización a 77 °C por 1 minuto presentó mayor retención de ácido ascórbico con 27.22 mg AA/100 mL. En el almacenamiento el contenido de ácido ascórbico disminuyó gradualmente conforme transcurre el tiempo, durante el almacenamiento en refrigeración disminuyó de 27.22 a 25.06 mg AA/100 mL que representa pérdidas del 7.9% y en almacenamiento al medio ambiente disminuyó de 27.22 a 24.14 mg AA/100 mL con pérdidas del 11.3%. No se reportó presencia de microorganismos de mohos y levaduras durante el almacenamiento en ambas condiciones. En conclusión el mejor tratamiento de pasteurización para retener el ácido ascórbico fue 77° C por 1 minuto, Durante el almacenamiento la conservación del ácido ascórbico en refrigeración fue mejor que en condiciones al medio ambiente. Durante el almacenamiento el análisis microbiológico del zumo de aguaymanto se encontró dentro de los límites permisibles.

Palabras clave: *Physalis peruviana* L., ácido ascórbico, Zumo de aguaymanto, Pasteurización, Almacenamiento.

I. INTRODUCCIÓN

El Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un arbusto oriundo de los andes peruanos, conocido como fruta nativa desde la época de los incas, que en los últimos años ha adquirido importancia comercial. Últimamente la demanda local, nacional y extranjera de este fruto se encuentra en estado creciente, tanto en frutos frescos como en productos transformados. Ésta fruta rústica y nativa peruana constituye una parte importante de la dieta alimenticia del sector rural donde crece y se propaga en forma silvestre, especialmente en las áreas calientes y secas cerca de los andes. El aguaymanto es una fuente importante de vitamina C (20 – 40 mg/100 g), provitamina A (3000 U.I. de caroteno por 100 g) y vitaminas del complejo B. A pesar de estas cualidades el cultivo de aguaymanto no se ha desarrollado mucho en el Perú, restringiéndose a cantidades mínimas que sólo se expenden en las ferias locales. El desarrollar nuevas propuestas para su procesamiento puede propiciar su revalorización y producción a mayor escala, además de poner al alcance de las personas sus propiedades nutritivas y medicinales (MINAGRI, 2014).

El ácido ascórbico es un nutrimento importante debido a su capacidad antioxidante, ya que reduce los efectos adversos del oxígeno reactivo y nitrógeno reactivo que puede causar daños a las macromoléculas tales como lípidos, ADN y proteínas, que están relacionados con las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas (Naidu, 2003). Una deficiencia de vitamina C produce un debilitamiento de las estructuras de colágeno, causando la pérdida dentaria, acompañado de dolores, desórdenes en el tejido conectivo y en el hueso, y una mala curación de las heridas, las cuales son características del escorbuto (Torregrosa, 2006).

El zumo de aguaymanto es una fuente muy importante de ácido ascórbico, un micronutriente que además de su acción vitamínica es apreciado por su efecto antioxidante, para la estimulación del sistema inmunitario y por otros beneficios para la salud. El ácido ascórbico es un compuesto inestable y en condiciones menos deseables como la acción por el calor la destruye, en el contacto con el aire se descompone y pierde su actividad, es la razón de preservar esta vitamina importante para conocer las pérdidas en el procesamiento de alimentos.

La pasteurización térmica es para lograr la estabilidad microbiana y extender la vida útil del producto, durante el almacenamiento, el zumo de aguaymanto se somete a una serie de reacciones de deterioro, degradación de ácido ascórbico, deterioro microbiano, lo que resulta en la degradación de la calidad del producto (Polydera *et al.*, 2003). El objetivo principal para esta investigación es:

Determinar la estabilidad del ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la pasteurización y almacenamiento.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el efecto de la pasteurización en el contenido de ácido ascórbico del zumo de aguaymanto
- Determinar el grado de conservación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones refrigeración y medio ambiente.
- Determinar el contenido de mohos y levaduras en el zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones refrigeración y medio ambiente.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. AGUAYMANTO

2.1.1. Generalidades

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una fruta nativa de los países andinos (Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia), los valles interandinos constituyen las zonas más apropiadas para éste cultivo por ser su medio agroecológico natural. Actualmente su cultivo se desarrolla mayoritariamente en la sierra del Perú (Cusco, Huánuco, Huancavelica, Junín y Cajamarca), sin embargo también se presenta en la costa y selva. Esta fruta rústica y nativa peruana constituye una parte importante de la dieta alimenticia del sector rural donde crece y se propaga en forma silvestre, especialmente en las áreas calientes y secas cerca de los andes (Sierra Exportadora, 2014).

La planta de aguaymanto fue descrita por primera vez por Linnaeus en 1753. Este arbusto ha sido cultivado por muchas décadas en de los andes de América. Se trata de una planta herbácea erecta, perenne en zonas tropicales y anual en zonas templadas. Puede alcanzar una altura de entre 0.6 a 0.9 m sin embargo, se han registrado casos en los que llega a alcanzar 1.8 m. 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 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 (MINAGRI, 2014).

2.1.2. Descripción

El aguaymanto pertenece a la familia de las solanáceas, es decir posee características similares a la familia de la papa, el tomate y el tabaco, aun cuando su crecimiento es arbustivo, es una planta silvestre y originaria del Perú crece entre los 1800 y 2800 m.s.n.m. temperatura promedio entre los 13 y 18 °C, se cultiva en zonas tropicales y subtropicales el cultivo se propaga por semillas, para lo cual requiere desarrollar semilleros para su germinación y posterior trasplante al terreno definitivo el tiempo entre la iniciación del semillero y la primera cosecha es de aproximadamente ocho meses. El periodo útil de la planta es de ocho a once meses a partir de entonces disminuye en la productividad y calidad de la fruta, siendo la vida útil de tres años (Terán, 2012).

El aguaymanto es una fruta redonda, amarilla, dulce y pequeña (entre 1.25 y 2 cm de diámetro), originaria de América, donde se conocen más de 50 especies en estado silvestre. Aunque se conoce desde épocas precolombinas y es un alimento silvestre tradicional en zonas andinas, que alcanza hasta dos metros de altura, puede llegar a generar 30 tallos huecos, sus hojas son acorazonadas y con vellosidades, tiene una raíz principal de la que salen raíces laterales, las flores tienen cinco pétalos de color amarillo, el fruto es una baya globosa y jugosa, con una pulpa agrídulce dentro de la cual se encuentran gran número de semillas, el fruto puede pesar de 4 a 10 gramos y permanece cubierto por el cáliz durante todo su desarrollo (Terán, 2012).



Figura 1. Planta de aguaymanto

Fuente: Terán (2012).



Figura 2. Fruto de aguaymanto

Fuente: Elaboración propia (2014).

2.1.3. Nombres vulgares

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es conocido por una diversidad de nombres según el lugar de origen (Sierra exportadora, 2014).

- Alemania: ananaskirsche, kapstachelbeer, peruanische, sclute.
- Bolivia: capulí, motojobobo, embolsado, aweillumanto.
- Chile: bolsa del amor, capulí.
- Colombia: uchuva, uvilla, alquenque, vegigón, capulí.
- Ecuador: uvilla, uchuva.
- Estados Unidos: cape, goodberry, goldenberry, peruvian cherry.
- Francia: coqueret du perou, coquerelle, alkekenge du pérou, physalis.
- India: jam fruit.
- México: cereza del Perú.
- Perú: aguaymanto, capulí, tomate de bolsa, tomate silvestre, cereza del Perú.
- Portugal: camapun, batetesta, camapu, grosela do perý, herva niva do Perú.
- Reyno Unido: cape, gooseberry, gooldenberry.
- Venezuela: chuchuva, topotopo.

2.1.4. Variedades de aguaymanto

Aunque no se conocen variedades definidas de la especie *Physalis peruviana* L., sí se conocen varios ecotipos de los que se cultivan básicamente tres, que proceden de Kenia, Sudáfrica y Colombia, de donde han tomado sus nombres, que se diferencian por el color y el tamaño del fruto, por la forma del cáliz y por el peso de los frutos cuando maduran, los ecotipos Sudáfrica y Kenia tienen un peso promedio de 6 a 10 gramos, mientras que el de origen Colombiano son más pequeños y pueden pesar entre 4 a 5

gramos. En el Perú se tienen varios ecotipos o selecciones que se diferencian principalmente por el color del fruto, verde amarillo, verde limón y color naranja (Schreiber, 2014).

- **Colombiano:** El ecotipo colombiano se caracteriza por tener una mejor coloración y mayor contenido de azúcares, por lo cual ha tenido mucha demanda en los mercados internacionales y el país ha llegado a ser el principal productor mundial de aguaymanto.
- **Giallo Grosso:** La fruta de oro grande se come cruda o en conserva después de maduración, en las zonas con inviernos suaves la planta tiene una duración de varios años.
- **Gigante:** Grande de fruta color oro naranja, aproximadamente una pulgada de diámetro con un sabor delicioso, las plantas son vigorosas, crece de 3 a 5 pies de altura requiere una larga temporada de crecimiento.
- **Gigante Poha Berry:** La fruta es de aproximadamente una pulgada, las hojas son verde gris y diferente de otros *Physalis*, la planta crece de 1 a 2 ½ pies de altura.
- **Oro Berry:** Frutas tienen en promedio una pulgada de diámetro pudiendo ser de hasta 2 pulgadas, la pulpa es muy sabrosa y dulce, el jugo de la fruta sin semillas es similar en color y la intensidad de sabor a jugo de naranja, las frutas secas se utilizan en pasteles de frutas, en lugar de pasas de uva, se dice que es resistente a las heladas ligeras en comparación con otras especies de *Physalis*, en climas más fríos, necesita 1.5 años a partir de semillas.
- **Largo Aston:** Selección original de Long Ashton destinado a obtener de Golden Berrys, se dice que es superior a otros tipos.

2.1.5. Composición nutricional del aguaymanto

La composición química y el valor nutricional del aguaymanto en una muestra de 100 gramos de fruta madura de aguaymanto sin cascara, se presenta en la Tabla 1, demostrando que en su mayoría está compuesto por el agua (Puente *et al.*, 2011).

Tabla 1. Composición nutricional del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) por 100 g de parte comestible

Contenido nutricional (por 100 g fruta)	National Research Council (NRC) (1989)	Fischer <i>et al.</i> , (2000)	Osorio y Roldan (2003)	Repo de Carrasco y Zelada (2008)
Energía (cal)	73.0	49.0	49.0	76.8
Agua (g)	78.9	85.5	85.9	79.8
Proteína (g)	0.3	1.5	1.5	1.9
Grasa (g)	0.2	0.5	0.5	0.0
Carbohidratos (g)	19.6	11.0	11.0	17.3
Fibra (g)	4.9	0.4	0.4	3.6
Ceniza (g)	1.0	0.7	0.7	1.0

Fuente: Puente *et al.*, (2011)

El contenido de minerales por cada 100 gramos de aguaymanto se presenta en la Tabla 2, el mineral más abundante en el aguaymanto es el potasio (Puente *et al.*, 2011).

Tabla 2. Contenido de minerales del fruto de aguaymanto

Mineral, contenido en mg (por 100 g pulpa)	National Research Council (NRC) (1989)	Leterme <i>et al.</i> , (2006)	Musinguzi <i>et al.</i> , (2007)	Repo de Carrasco y Zelada (2008)
Sodio	1.00	6.00	2.00	-
Potasio	320.00	467.00	210.00	262.65
Calcio	8.00	23.00	28.00	10.55
Magnesio	-	19.00	7.00	-
Fosforo	55.00	27.00	34.00	37.90
Hierro	1.20	0.09	0.30	1.24
Zinc	-	0.28	-	0.40

Fuente: Puente *et al.*, (2011)

El contenido de vitaminas por cada 100 gramos de fruto de aguaymanto se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de vitaminas en el fruto de aguaymanto

Vitaminas contenido (por 100 g de pulpa)	National Research Council (NRC) (1989)	CCI (1994)	Osorio y Roldan (2003)
Betacaroteno (Vit. A)	1460 mg	648 U.I.	1730 U.I.
Tiamina (Vit. B1) en mg	0.10	0.18	0.10
Rivoflavina (Vit. B2) en mg	0.03	0.03	0.17
Niacina (Vit. B3) en mg	1.70	1.30	0.80
Ácido ascórbico (Vit. C) mg	43.00	26.00	20.00

Fuente: Puente *et al.*, (2011)

En la Tabla 4 se presenta el contenido de vitaminas del fruto de aguaymanto en comparación con otros frutos.

Tabla 4. Contenido de vitaminas en algunos frutales andinos

Vitaminas	Aguaymanto	Pepino dulce	Tomate árbol	Tumbo
Vitamina A (U.I.)	243	28	77	159
Vitamina B1 (mg)	0.10	0.04	0.10	0.02
Vitamina B2 (mg)	0.03	0.05	0.3	0.11
Niacina (mg)	1.70	0.58	1.07	4.56
Vitamina C (mg)	43	29.7	29	66.7

Fuente: Puente *et al.*, (2011)

2.1.6. Manejo de poscosecha

En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo de poscosecha del fruto de aguaymanto.

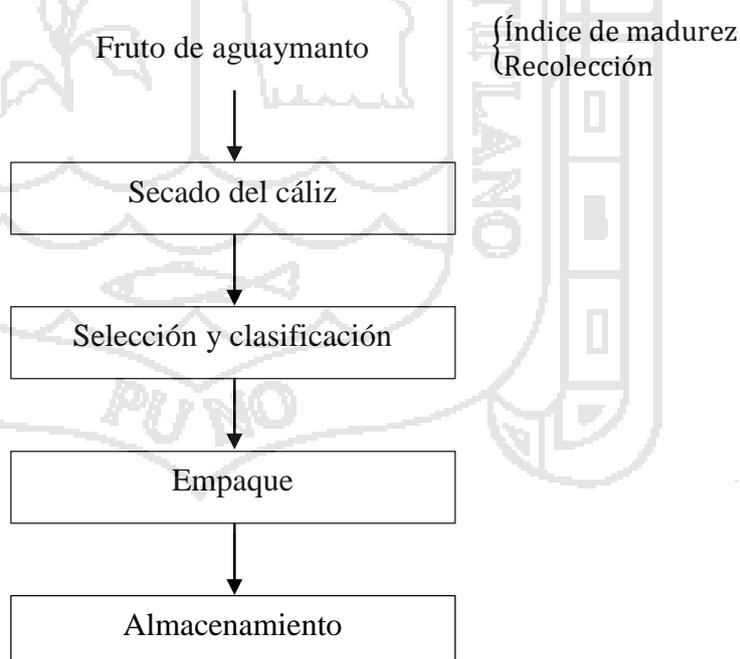


Figura 3. Diagrama de flujo de poscosecha del aguaymanto

a. Fruto de aguaymanto

La norma NTC 4580 de ICONTEC (1999) especifica los estados de madurez del aguaymanto. Se puede determinar que la fruta para exportación se debe cosechar pasando el estado 3 de la tabla de esa norma. Cuando los frutos presentan color amarillo, simultáneamente con el cambio de color del cáliz de verde a amarillo, es el momento óptimo de la cosecha en aquellos frutos destinados a la exportación (Fisher *et al.*, 2005).

b. Secado del cáliz

Para la deshidratación del cáliz se utiliza una corriente de aire de baja humedad, normalmente esta tarea puede lograrse con aire a condiciones ambientales, sin embargo el uso de aire caliente a 28 °C y ventilación forzada incrementa la velocidad de deshidratación del cáliz. Es recomendable extender el aguaymanto en capas muy delgadas de dos o tres frutas de alto o utilizar canastillas de baja capacidad para acelerar la velocidad de deshidratación. Además puede almacenarse en cuartos con piso falso o utilizar estibas para facilitar la ventilación. (Fisher *et al.*, 2005).

c. Selección y clasificación

La selección se efectúa, separando los frutos que presenten daños biológicos ataque de insectos y enfermedades, fisiológicos decoloraciones en la fruta o en el capacho, daños físicos quemaduras, manchas por pesticidas, fruto deshidratado y daños mecánicos cortaduras, rajaduras, magulladuras o capacho quebrado. También se puede considerar su estado de madurez por medio de los 6.5 ° Brix y pH 3.7 (Fisher *et al.*, 2005).

d. Empaque

Los empaques para la exportación del aguaymanto son estándar, normalmente son de plástico y perforados. Las especificaciones del embalaje pueden variar según lo acordado con el comprador del país de destino, siempre y cuando se tengan en cuenta los requisitos definidos en la NTC (Fisher *et al*, 2005).

e. Almacenamiento

El almacenamiento del fruto de aguaymanto está en función de tres parámetros ambientales: temperatura, humedad relativa y concentración de etileno. Cuando el almacenamiento se realiza a temperaturas bajas, para el aguaymanto se recomiendan temperaturas entre 4 y 10 °C, con un tiempo de conservación de alrededor de cinco semanas, durante el almacenamiento la temperatura debe ser constante, ya que las fluctuaciones perjudican el fruto, además es conveniente someter los frutos a pre enfriamiento a temperatura intermedia, la humedad relativa recomendada oscila entre el 80% y 90% HR hasta 95% puede ser aceptable y favorable en frutos sin cáliz o en aquellos con un cáliz totalmente seco y sin infección por hongos (Fisher *et al*, 2005).

2.1.7. Producción de aguaymanto en el Perú

Las zonas de producción de aguaymanto han sido documentadas en Perú sólo para ocho departamentos, pero seguramente ocurre en todos los departamentos. El cultivo se encuentra principalmente asociado a zonas frías, de las regiones de la sierra de Ancash, Huánuco, Junín, Ayacucho, Arequipa, Cajamarca y Cusco (Schreiber, 2014).

En el Perú la principal zona de producción de aguaymanto es Cajamarca, es aquí donde se inició su cultivo con una perspectiva comercial y asociativa, así mismo se han desarrollado investigaciones y se ha adaptado tecnología para el manejo agronómico del cultivo, sin embargo existen otras fuentes de producción en Huánuco, Ancash, Junín y Ayacucho. Los rendimientos reportados en condiciones de sierra son entre 5 a 12 Tm/Ha, en costa de 6 a 12 Tm/Ha, dependiendo del tipo de suelo y manejo del cultivo. La estacionalidad de cosecha en sierra se concentra en los meses de abril a junio, mientras que en la costa la cosecha se concentra en octubre a noviembre. Sin embargo, de acuerdo a información brindada por la empresa Villa Andina, Cajamarca, en el 2008 contaba con una oferta de 50 a 200 Kg/semana de fruta fresca de recolección silvestre, provenientes de 2 Ha con 5 Tm/Ha/año en poder de 6 productores. Para el 2009 su oferta fue de 200 a 1500 Kg/semana, con 6 ha manejadas por 34 agricultores, con un rendimiento de 8 Tm/Ha/año. En el 2010 él tenía una capacidad de 500 a 4000 Kg/semana con 40 Ha y una base de 150 agricultores, el rendimiento se incrementó a 12 Tm/Ha/año, en este año inició la deshidratación del fruto. El incremento de la producción por hectárea se sustentó principalmente por el abonamiento y realización de poda. Para el 2011 cuenta con 200 Ha de cultivo con una base de 450 agricultores, siendo el rendimiento de 16 Tm/Ha/año, esta productividad se debió al uso de controladores biológicos y a la implementación de sistemas de tutoreo, así mismo inició sus exportaciones de fruta deshidratada. Se calcula que en el Perú existen 720 hectáreas dedicadas al cultivo de aguaymanto, lo que significaría una producción promedio de 5760 Tm considerando un rendimiento promedio de 8 Tm/Ha en el 2012. Haciendo las conversiones del caso fresco a deshidratado y considerando las toneladas exportaciones de realizadas en el 2011 (fuente: PROMPERU), se tiene que sólo el 6% de la fruta producida ha sido exportada. En el 2010, según estadísticas del Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior

(SIICEX) de Promperú, las exportaciones de aguaymanto sumaron US\$ 148.3 mil (15.3 mil Kg), siendo sus principales mercados: Estados Unidos (con 33% de participación), Reino Unido (14%), Alemania (12%), y Finlandia (11%). Otros países que importaron aguaymanto en menor cantidad son China, Japón y Bélgica. Las ventas al exterior del fruto crecieron 174.1%, respecto a 2009, cuando sumaron US\$ 54.1 mil (Schreiber, 2014).

2.1.8. Exportación y productos derivados del aguaymanto

Actualmente el aguaymanto se comercializa principalmente en su estado fresco tanto en el mercado nacional como en el internacional. Los principales países productores son Colombia y Sudáfrica, se han especializado en la comercialización en su estado fresco. El Perú exporta fundamentalmente aguaymanto deshidratado, también se producen mermeladas, jaleas, zumos, aguaymanto en almíbar y cubiertos de chocolate, principalmente en mercados locales en el Perú. Respecto a la exportación de aguaymanto, en el 2011, según su presentación el 21.51% es deshidratado, el 4.09% orgánico y 1.80% natural, en ambos se asume que es en fresco. La presentación que ha tenido un mayor crecimiento entre el 2007 y 2011 ha sido la presentación de deshidratado. Pese al crecimiento de las exportaciones peruanas, si las comparamos con las de Colombia existen una gran diferencia y camino por delante. En el 2006 Colombia exportó más de 5 millones de dólares, mientras que Perú exportó 22,180 dólares, en ese mismo periodo, según estadísticas de la Asociación de Exportadores (ADEX) (Schreiber, 2014).

En la Tabla 5 se presenta los principales mercados de exportación durante los últimos 3 años del aguaymanto expresado en kilogramos y dólares americanos y en la Tabla 6 se presenta la ficha comercial.

Tabla 5. Principales mercados de exportación

País Socio	Cantidad (Kg)			US\$ FOB		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Canadá	0	448	358	0	5.478	5.102
Japón	0	0	280	0	0	3.360
Francia	0	0	175	0	0	1.575
Holanda	1	220	115	7	462	466
Italia	0	0	90	0	0	170
Otros	36	88	20	40	1.320	100
Total	37	756	1.038	47	7.260	10.774

Fuente: Sierra Exportadora (2014)

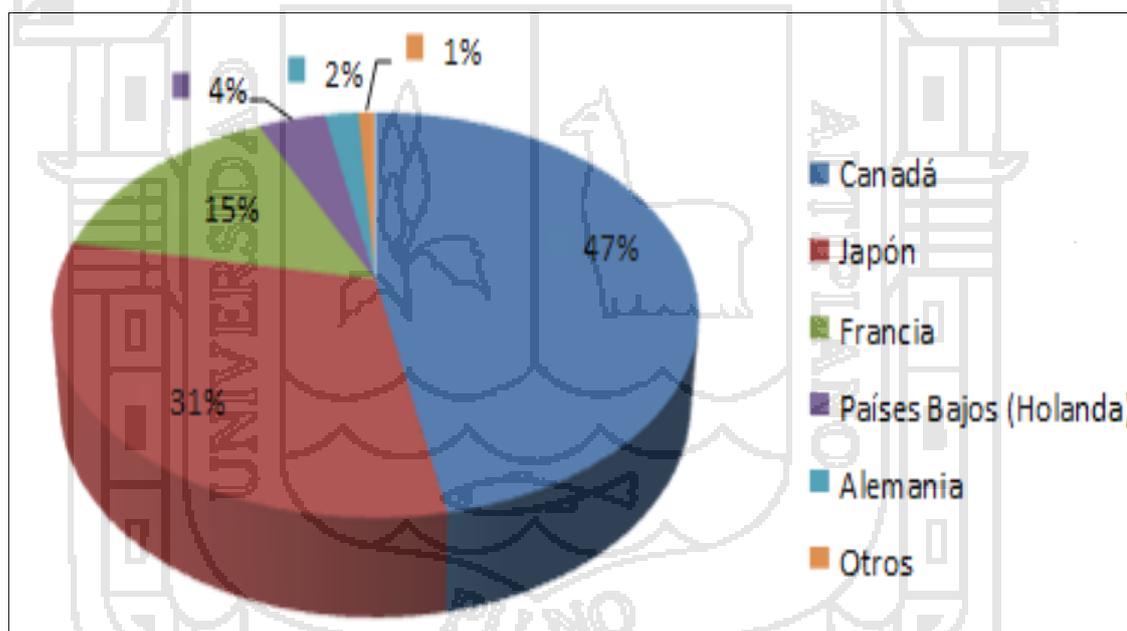


Figura 4. Distribución de exportaciones (US\$ FOB) del año 2012

Fuente: Sierra Exportadora (2014)

Tabla 6. Ficha comercial del aguaymanto

Nombre comercial	Uchuva, uvilla, aguaymanto, alquequenje peruano, capulí, poga poga, tomate silvestre o tomatillo
Partida arancelaria	0810905000: Uchuvas, uvillas, aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) frescas.
Descripción del producto	Es una fruta redonda, de color naranja – amarillo y sabor agri dulce. Se puede consumir sola, en almíbar, postres y con frutas dulces.
Presentaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Deshidratada - Extracto de líquido (zumo) - Mermelada o miel - Fruta fresca - Pulpa congelada
Origen	Origen andino
Zonas de producción	<ul style="list-style-type: none"> - Ancash - Ayacucho - Cajamarca (Zona principal de producción) - Cusco
Composición/Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido bórico (43 mg) - Calcio (8 mg) - Caroteno (1.61 mg) - Fósforo (55.3 mg) - Hierro (1.23 mg) - Niacina (1.73 mg) - Riboflavina (0.03 mg) - Ácido ascórbico (40 mg)

Fuente: Sierra Exportadora (2014)

2.2. ÁCIDO ASCÓRBICO

El ácido L-ascórbico es un compuesto de seis carbonos relacionado estructuralmente con la glucosa. Es un agente con una elevada capacidad reductora, tanto el ácido ascórbico como su forma oxidada ácido L-dehidroascórbico, presentan actividad biológica y son interconvertibles por una reacción de oxidación reducción, en la mayoría de los tejidos el ácido ascórbico existe en la forma reducida (90%) (Thompkinson y Kharb, 2007).

La estructura del ácido ascórbico es semejante a la de un monosacárido, pero contiene un grupo enodiol, del cual por eliminación de un hidrogeno se forma el ácido dehidroascórbico, el cual es producido en forma espontánea a partir de la vitamina C por oxidación al contacto con el aire, pero ambas formas son funcionalmente activas, aunque este último presenta 80% de actividad del ácido ascórbico y es menos estable. El ácido ascórbico es un potente reductor, pierde con facilidad átomos de hidrógeno y se transforma en ácido dehidroascórbico, que también posee actividad de vitamina C. Sin embargo la actividad vitamínica se pierde cuando el anillo lactónico del ácido dehidroascórbico se hidroliza para formar ácido dicetogulónico (Torregrosa, 2006). En la Figura 5 se presenta la estructura del ácido ascórbico y sus derivados.

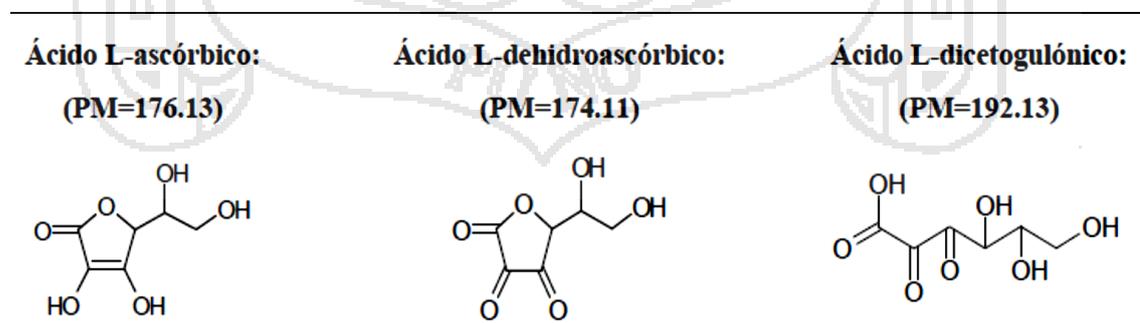


Figura 5. Estructura de acido ascorbico y sus derivados

Fuente: Torregrosa (2006)

La estructura del ácido ascórbico es semejante a la de un monosacárido, pero contiene un grupo enodiol, del cual por eliminación de un hidrogeno se forma el ácido dehidroascórbico. Las principales fuentes de ácido ascórbico de la dieta son las frutas, hortalizas, zumos y alimentos fortificados, en la naturaleza está presente casi exclusivamente en forma reducida de ácido L-ascórbico. La oxidación de dos electrones y la disociación de hidrogeno convierten al L-ácido ascórbico en ácido L-dehidroascórbico que exhibe aproximadamente la misma actividad vitamínica que el ácido ascórbico porque en el organismo se reduce casi totalmente (Torregrosa, 2006).

El contenido de ácido ascórbico en las frutas varía con las condiciones de cultivo, procesado y almacenamiento, durante el procesamiento ocurren pérdidas considerables en el contenido de esta vitamina debido al cortado, tratamiento térmico y almacenamiento prolongado a temperatura ambiente. Como ya se mencionó, la cantidad de vitaminas que contienen los alimentos, varía de manera considerable conforme a muchos factores, por ejemplo, en el caso de las papas, las heridas o cortes que sufren, provocan un gran aumento en la actividad respiratoria y de la división celular, que van acompañadas de un incremento de la vitamina C, el frío inhibe su síntesis, mientras que la temperatura ambiente y la oscuridad la favorecen (Mondy y Leja, 1986).

El zumo de naranja es una fuente muy importante de ácido ascórbico, un nutriente que además de su acción vitamínica es apreciado por su efecto antioxidante, por la estimulación del sistema inmunitario y por otros beneficios para la salud que están siendo activamente investigados y descritos, tal como la inhibición en la formación de los cánceres causados por compuestos N-nitroso en el estómago (Hussein *et al.*, 2000).

2.2.1. Degradación química del ácido ascórbico

El ácido ascórbico es soluble en agua, se pierde fácilmente por lixiviación en las superficies cortadas y trituradas por alimentos. Sin embargo en los alimentos elaborados las pérdidas son más importantes después de la manipulación se debe a la degradación química. En los alimentos ricos en esta vitamina, generalmente la pérdida va asociada al pardeamiento no enzimático. La pérdida de ácido ascórbico en diversos productos comercialmente envasados, se ajusta a la cinética de primer orden en el intervalo de temperatura entre -5 y 20°C, con una dependencia de la temperatura de acuerdo a la ecuación de Arrhenius (Fennema, 2008).

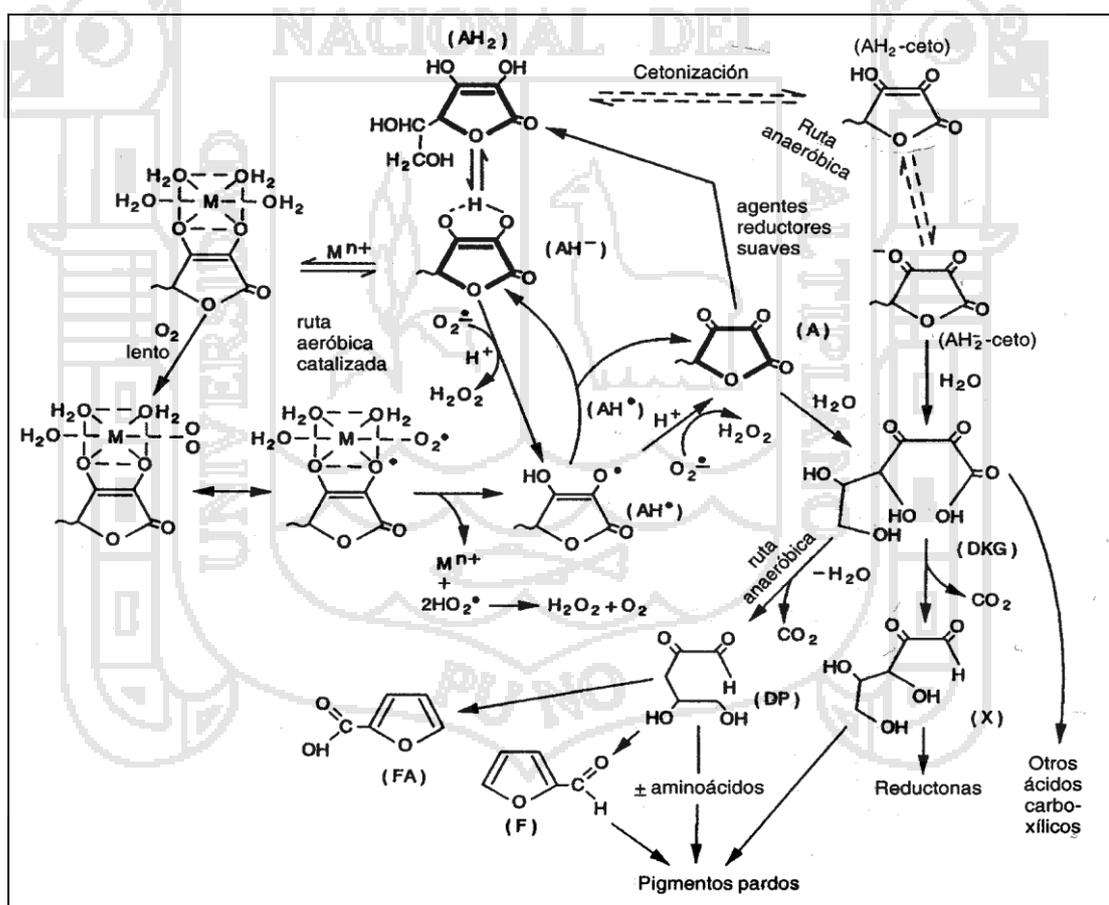


Figura 6. Esquema general de los mecanismos de las degradaciones oxidativas y anaeróbicas del ácido ascórbico, las estructuras en negrita son fuente primaria de vitamina C.

Fuente: Fennema (2008)

La vitamina C se degrada hasta ácido 2.3-dicetogulónico, generalmente la pérdida de esta vitamina es relacionada a la conversión de L-ácido ascórbico a dehidro-L-ácido ascórbico por el oxígeno en el producto antes o durante el proceso térmico, dependiendo de la severidad de éste. Los catalizadores son por los iones de metales pesados o por las enzimas ácido ascórbico oxidasa, fenolasa, citocromo oxidasa y enzimas peroxidasa que se desnaturalizan en el proceso térmico dando un producto con nivel alto de ácido ascórbico en comparación con uno que no se trató. La formación del ácido dicetogulónico, es prácticamente instantánea a pH alcalino, rápida a pH neutro y lenta en condiciones ácidas. Asimismo asegura que en la elaboración de zumos asegura la estabilidad de la vitamina C (Lewis y Heppell, 2000).

Las pérdidas durante la pasteurización tienen importancia en los productos de fruta y su contenido de ácido ascórbico. La vitamina C tiene gran importancia en los productos de frutas, no sólo por su valor nutritivo, sino también por constituir un índice de apreciación de las pérdidas de otras vitaminas y servir como criterio válido de la conservación de otros componentes sensoriales y nutrimentales como pigmentos naturales y sustancias aromáticas. En su destrucción el ácido ascórbico provee grupos carbonilos para que continuara la reacción. En esta serie de transformaciones también se generan diversos compuestos, algunos de bajo peso molecular, que contribuyen al olor característico del alimento que ha sufrido esta modificación. Este mecanismo se complica considerablemente si hay azúcares reductores y aminoácidos que favorecen diversas rutas de degradación, es decir la pérdida del ácido ascórbico, además de sus consecuencias nutricionales, también lleva consigo sobre todo en frutas cítricas y sus derivados, una generación de olores indeseables y un oscurecimiento (Rodrigo *et al.*, 1980).

2.2.2. Estabilidad del ácido ascórbico

Las principales fuentes de ácido ascórbico son las frutas y las verduras, frutas particularmente cítricos y hortalizas de hoja. Sin embargo el ácido ascórbico se considera la vitamina más sujeta a la degradación por exposición al calor, y se someten a cambios acelerados por la presencia de oxígeno y pH entre otras condiciones. Por lo tanto el ácido ascórbico está sujeto a pérdidas significativas durante el almacenamiento o procesamiento, se oxida química o enzimáticamente a ácido dehidroascórbico, que tiene actividad de vitamina, pero todavía es menos estable y se somete a la oxidación de ácido dicetogulónico, que degrada en diferentes productos, tales como el ácido oxálico, ácido xilónico y xilosa. Se sabe que muchos factores que afectan la estabilidad del ácido ascórbico durante el almacenamiento, incluyendo pH, la presencia de iones de oxígeno, metal y temperatura (Philips *et al.*, 2010).

Las vitaminas son inestables en los alimentos. Las condiciones en el procesado y cocinado causan pérdidas de vitaminas. Las pérdidas pueden variar según el método de cocinado y el tipo de alimento. La degradación de las vitaminas depende de parámetros específicos durante los procesos culinarios, es decir, la temperatura, oxígeno, luz, humedad, pH y obviamente la duración del tratamiento térmico (Leskova *et al.*, 2006).

La estabilidad del ácido ascórbico depende de la composición del alimento, además de las condiciones de almacenamiento. El ácido ascórbico es muy sensible a la oxidación, especialmente cuando la reacción está catalizada por iones metálicos de Cu^{2+} y Fe^{3+} . Asimismo, el calor y la luz aceleran el proceso, igualmente otros factores como el pH, concentración de oxígeno y la actividad del agua, influyen poderosamente en la velocidad de reacción, como la hidrólisis del DHAA se produce muy fácilmente, la oxidación de DHAA constituye un aspecto esencial y frecuentemente limitante de la

velocidad de degradación oxidativa de la vitamina C. Las reacciones de oxidación de la vitamina C se aceleran por el calor, los álcalis, la presencia de algunos metales como el cobre y el hierro y la acción de la luz, sobre todo en presencia de riboflavina. Es estable a pH ácidos y en ausencia de oxígeno resiste hasta temperaturas de esterilización (Fennema, 2008).

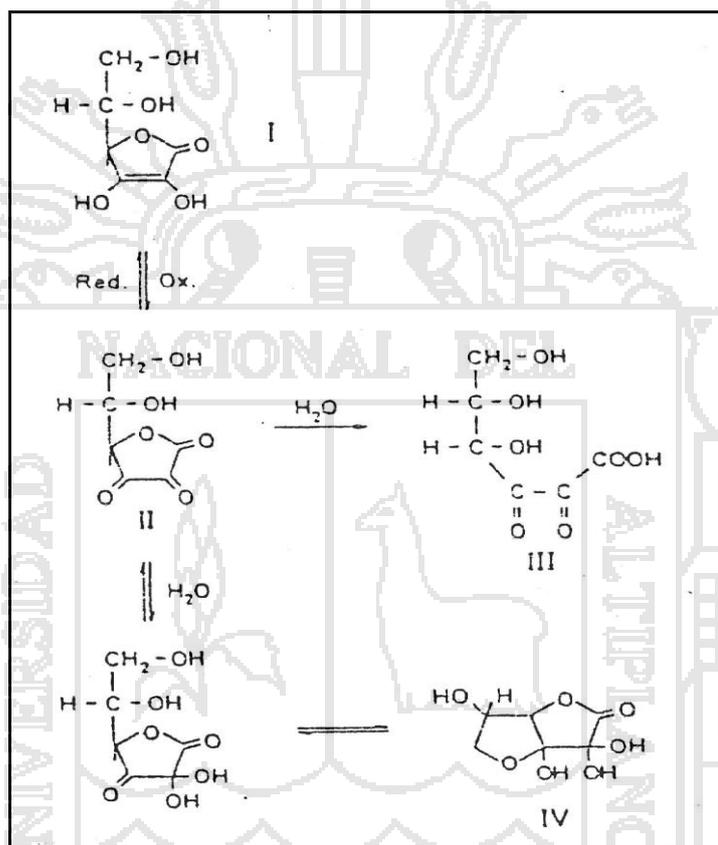


Figura 7. Estabilidad y reacciones de degradación del ácido ascórbico

Fuente: Belitz y Grosh (1999)

La vitamina C, es la más lábil e inestable que toda las vitaminas y puede ser degradada a través de muchas vías, la oxidación y degradación térmica son las más importantes. Debido a la alta sensibilidad de la vitamina C al calor, algunos investigadores propusieron usar el contenido residual de esta vitamina como índice de retención de nutrientes, se considera que si el ácido ascórbico resiste a los tratamientos térmicos durante el procesamiento de alimentos, todo los demás nutrimentos serán poco afectados.

La estabilidad es mayor a pH ácidos y en ausencia de oxígeno puede resistir temperaturas de esterilización (Badui, 1984). La estabilidad del ácido ascórbico aumenta a medida que disminuye la temperatura del alimento, diversas investigaciones han señalado la posibilidad de que se produzca pérdida acelerada por congelamiento o almacenamiento en frío. La ingesta diaria recomendada para adultos es de 60 mg/día, si bien en la actualidad se aconseja aumentar esta cantidad con el fin de ser más efectiva frente a los procesos de envejecimiento. Es importante destacar que la ingesta de zumos de frutas aporta al organismo el 21% de vitamina C diaria, mientras que el consumo global de frutas y hortalizas aporta el 45% del total (Ancos *et al.*, 2002)

El ácido ascórbico es termolábil y por consiguiente en frutas y vegetales es indicativa de la pérdida de otras vitaminas y se utiliza como parámetro de calidad para otros componentes organolépticos o nutritivos, tales como los pigmentos naturales y sustancias aromáticas. Su concentración disminuye durante el almacenamiento, dependiendo de las condiciones del mismo, tales como la temperatura, el contenido en oxígeno, la luz y el tiempo. La concentración de vitamina C, además de ser un indicador del valor nutritivo, se utiliza en el caso de los zumos congelados, como un indicador fiable y representativo para estimar la pérdida de la calidad (Esteve *et al.*, 1995, Polydera *et al.*, 2003).

Según Kirk y Sawyer (1996), estudiaron la destrucción del ácido ascórbico en un sistema modelo de alimento deshidratado se encontraron lo siguiente:

- La estabilidad del ácido ascórbico está en función de la actividad del agua y la temperatura, y su destrucción sigue una cinética de primer orden bajo muchas condiciones de almacenamiento.

- La estabilidad del ácido dehidroascórbico se reduce a temperatura y actividades de agua mayores de 20 °C y 0.24, respectivamente.
- En los sistemas multivitaminas, el ácido ascórbico se destruye fácilmente cuando se almacena con oxígeno.
- Las constantes de velocidad de destrucción del ácido ascórbico indican que el oxígeno disuelto es el factor primario en la estabilidad de esta vitamina a pH neutro, en productos deshidratados y alimentos de humedad intermedia.

2.2.3. Velocidad de destrucción del ácido ascórbico

El deterioro de los alimentos se debe a un conjunto de procesos químicos, físicos o microbiológicos que afectan a una serie de características del alimento. La evaluación de la vida útil puede hacerse mediante el estudio de la evolución de algunos parámetros seleccionados durante un periodo de tiempo, de modo que consideraremos que el estado del alimento viene determinado por el deterioro que ha sufrido. El conocimiento de las reglas que determinan estos cambios es una herramienta necesaria para desarrollar el modelo que se va a utilizar en los experimentos de vida útil (Singh, 1994).

Los efectos de algunos de estos factores se pueden expresar con relativa facilidad mediante una relación funcional, que es similar en muchas reacciones de deterioro, otros más complicados y únicos en su comportamiento y deben estudiarse por separado para cada producto y sistema alimenticio. Se denominan factores intrínsecos los que están determinados por la composición química y las propiedades biológicas y físicas del alimento. Estos factores son: el pH, la actividad de agua, el potencial de óxido-reducción, el contenido de oxígeno, los agentes microbianos y el contenido en nutrientes, en ellos influyen los tratamientos tecnológicos, que pueden ser de tipo físico o químico. Como factores extrínsecos, se conoce al conjunto de características propias del medio ambiente

en donde se almacena o conserva el alimento, tales como temperatura, humedad ambiental y presión parcial de oxígeno (Ferrer, 1986).

2.2.3.1. Orden de reacción cero

Si la reacción es de orden cero, se trata de un parámetro de calidad C cuya magnitud descende con el tiempo en forma lineal, la expresión queda de la siguiente forma:

$$C = C_0 - kt \quad (1)$$

Integrando la ecuación y despejando t se obtiene:

$$t = \frac{C_0 - C}{k} \quad (2)$$

Donde C_0 es el valor del parámetro a tiempo cero, o sea el valor inicial, y C es el valor del parámetro a tiempo t . La evolución del parámetro C es lineal con el tiempo, es lo que Labuza (1982) define como pérdida constante de vida útil. La cinética de orden cero es útil para describir reacciones como la degradación enzimática, el pardeamiento no enzimático y la oxidación lipídica (Labuza, 1982 y Singh, 1994).

2.2.3.2. Orden de reacción uno

Si la reacción es de orden uno, se trata de un parámetro de calidad C cuya magnitud descende con el tiempo en forma exponencial, la expresión queda de la siguiente forma:

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (3)$$

Integrando la ecuación y despejando se tiene:

$$t = \frac{\ln C_0 - \ln C}{k} \quad (4)$$

Donde C_0 es el valor del parámetro a tiempo cero, o sea el valor inicial, y C es el valor del parámetro a tiempo t . La evolución del parámetro C es exponencial con el tiempo, es lo que Labuza (1982) define como pérdida variable de vida útil. La velocidad de cambio no es constante durante el proceso y está relacionada con la magnitud del parámetro de calidad C en el momento en que se considere. Entre los procesos relacionados con la vida útil de los alimentos que siguen cinéticas de orden uno tenemos las pérdidas vitamínicas, el crecimiento y destrucción microbiana y la pérdida de calidad de proteínas en los alimentos deshidratados (Labuza, 1982).

La degradación del ácido ascórbico en un sistema de alimento deshidratado, considerándose en el estudio de la reducción de la estabilidad del ácido ascórbico total como una función de actividad del agua, contenido de humedad, oxígeno y temperatura de almacenaje. Los autores determinaron que para todas las condiciones de almacenaje, la velocidad de destrucción del ácido ascórbico respondió a una función cinética de primer orden como se muestra en la ecuación. Asimismo determinaron que la velocidad de destrucción del ácido ascórbico fue dependiente sobre todo de la actividad del agua, contenido de humedad y temperatura de almacenaje, cuando fueron almacenados en contenedores sin espacio de cabeza, la velocidad de destrucción del ácido ascórbico se incrementó dramáticamente debido a la presencia del oxígeno (Kirk y Sawyer, 1996).

2.2.4. Determinación del ácido ascórbico por titulación visual con 2,6 diclorofenolindofenol

La evaluación del ácido ascórbico tiene múltiples aplicaciones, uno de los cuales es evaluar las pérdidas de ésta vitamina durante las operaciones de procesamiento o durante el almacenamiento. El método de titulación visual se basa en la reducción del colorante 2,6 - diclorofenolindofenol por una solución de ácido ascórbico. El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de muestra para reducir una solución estándar de colorante determinada por titulación. El valor del reactivo 2,6-diclorofenolindofenol se ve limitada por la presencia de sustancias reductoras, como sales ferrosas, sulfitos, compuestos sulfhídricos, etc. En ciertos productos que han sufrido un prolongado tratamiento térmico o almacenamiento se encuentran sustancias reductoras, en la Figura 8 se presenta la titulación visual (Briseño, s.f).

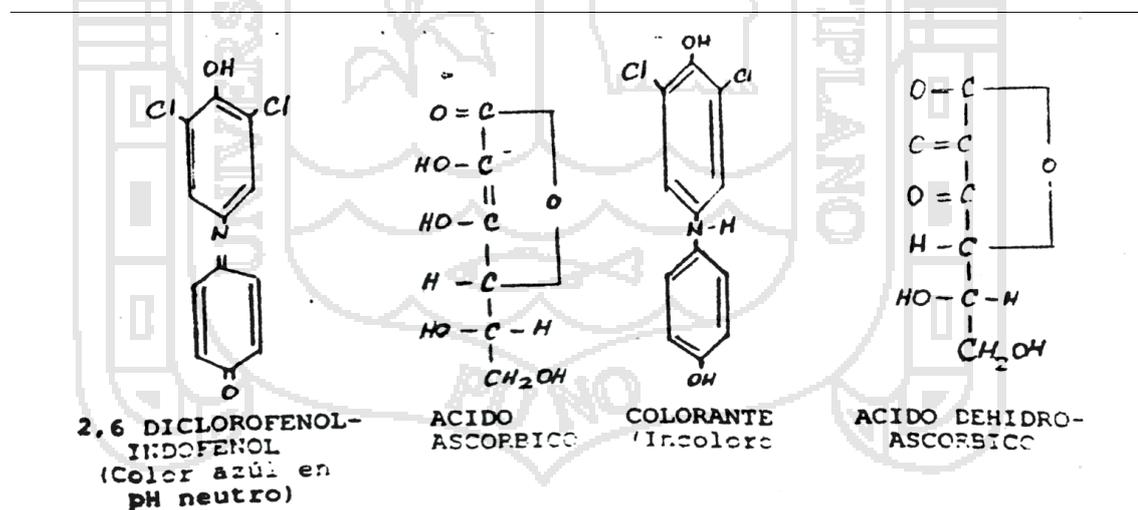


Figura 8. Titulación visual con 2,6 - diclorofenolindofenol

Fuente: Briseño (s.f.)

2.3. TRATAMIENTO TÉRMICO

Se entiende por pasteurización y esterilización comercial a la aplicación de un proceso térmico a un alimento con el cual se logra conseguir la estabilidad y comestibilidad del alimento destruyendo todos los microorganismos patógenos en el alimento y aquellos patógenos deteriorativos que puedan crecer durante el almacenamiento y transporte (Rees y Bettison, 1991). El procesado térmico es uno de los métodos por los que los alimentos son conservados y se hacen accesibles al consumidor. Durante el tratamiento térmico, además de la inactivación de microorganismos, constituyentes deseables como nutrientes, color, aroma y textura se destruyen en distintos porcentajes (Lee y Coates, 2003, Polydera *et al.*, 2003).

El efecto conservador de los tratamientos térmicos se debe a que destruye la actividad enzimática y metabólica de los microorganismos. La velocidad de destrucción sigue una reacción de primer orden. Las condiciones más importantes durante el tratamiento térmico son:

- El pH del alimento, las bacterias patógenas y saprofitas son más termoresistentes a pH próximos a la neutralidad. Las levaduras y hongos soportan mejor pH más bajos, pero son menos termoresistentes que las esporas de las bacterias.
- La actividad del agua, influye sobre la termoresistencia de las células vegetativas, además el calor húmedo resulta más eficaz que el calor seco para la destrucción de las esporas.
- Composición de los alimentos las proteínas, las grasas y una concentración elevada de sacarosa aumenta la termo resistencia de los microorganismos, las bajas concentraciones de cloruro de sodio presentes en muchos alimentos no ejercen un efecto significativo sobre la termoresistencia, el estado físico del

alimento, en especial la presencia de coloides, afecta también a la termo resistencia de las células vegetativas.

El conocimiento de la termoresistencia de enzimas y/o microorganismos presentes en un determinado alimento sirve para calcular los parámetros de tratamiento térmico para su destrucción (Fellows, 2007).

2.3.1. Pasteurización

El propósito de los tratamientos suaves por calor es eliminar los microorganismos patógenos, reducir el recuento microbiano, aunque el alimento no será estéril e inactivar las enzimas del alimento, proporcionar las mínimas pérdidas de aroma, sabor, textura y calidad nutritiva. Sin embargo también tiene inconvenientes, pues el producto resultante tiene una corta vida media y necesita de otro método de conservación como la refrigeración o la congelación (Vaclavik, 1998).

La pasteurización es el método de conservación que sólo conduce a una destrucción selectiva de la población microbiana patógena. Hay dos grandes grupos de tecnologías de pasteurización:

- Empleo de bajas temperaturas (60 – 65 °C) y tiempos bastante largos.
- Empleo de altas temperaturas (75 – 90 °C) y tiempos cortos.

Es normal que la pasteurización se acompañe de procedimientos que garanticen la buena conservación, envases herméticamente cerrados, envasado al vacío, refrigeración hasta su consumo, adición de agentes acidulantes, adición de azúcares concentrados, etc. (Bello, 2000). Actualmente el zumo se somete a temperaturas entre los 90 a 95 °C durante 15 a 60 segundos y éste se envasa asépticamente en caliente, se enfría

y se almacena para su comercialización. Los tratamientos térmicos descomponen el β -caroteno en sus isómeros *cis* o en productos resultantes de su fragmentación. Estas reacciones afectan al total de provitamina A y a la actividad de los carotenos de manera significativa (Cano *et al.*, 2003).

El objetivo de la pasteurización de zumo de frutas es la inactivación enzimática (pectinesterasa y poligalacturonasa) y la destrucción de gérmenes causantes de alteraciones (levaduras y mohos) y las condiciones mínimas de tratamiento son 65 °C por 30 minutos, 77 °C por 1 minuto y 88 °C por 15 segundos. Seguido de enfriamiento rápido a 3 – 7°C. Los parámetros de pasteurización pueden establecerse para conseguir la máxima retención en el valor nutritivo y las características organolépticas. Para ello deben utilizarse tratamientos a elevadas temperaturas durante tiempos cortos (HTST). En zumos de frutas, la desaireación permite reducir al mínimo las pérdidas de caroteno y vitamina C (Fellows, 2007).

2.3.2. Esterilización

La esterilización es un tratamiento severo por calor cuyo fin es eliminar todos los microorganismos presentes en el alimento, resultando un alimento comercialmente estéril. Sus principales ventajas son: proporcionar una mayor vida útil al alimento y poderse almacenar a temperatura ambiente. Entre sus desventajas están la sobre cocción del alimento y cambios en cuanto a la textura, aroma, sabor y calidad nutricional del producto. Los tiempos y las temperaturas de calentamiento varían, pero el tratamiento por calor debe ser suficiente para esterilizar el alimento. Normalmente se aplican temperaturas muy altas entre 135 °C y 150 °C, que permiten tiempos muy cortos sólo 4 a 15 segundos. La mayoría de los alimentos estériles comercializados tienen una vida útil

de dos años o más, cualquier deterioro que ocurra después de este tiempo es debido a los cambios en la textura o aromas, no a los crecimientos microbianos (Vaclavik, 1998).

Las industrias de zumos, derivados lácteos, sopas, helados, etc. suelen aplicar tratamientos UHT. Que pueden corresponder a dos tecnologías diferentes (Bello, 2000).

- Tratamiento térmico directo: el producto toma contacto directo con el medio calefactor, que generalmente es vapor de agua.
- Tratamiento térmico indirecto: el calor se transmite a través de una superficie de separación integrada en un intercambiador de calor.

2.3.3. Efecto del calor sobre la degradación de nutrimentos

Las reacciones físicas y químicas que ocurren durante el tratamiento térmico pueden ser deseables o indeseables, estos cambios están influenciados por el tiempo y temperatura del proceso, la composición y propiedades de alimento: el pH, contenido de iones metálicos, etc. y condiciones ambientales cantidad de luz, disponibilidad de oxígeno, entre otros (Lewis y Heppell, 2000).

En los jugos y néctares de frutas uno de los intereses es conservar las características organolépticas por lo que se requiere poca cocción, ya que una cocción inadecuada puede ocasionar efectos indeseables sobre el sabor, olor y otros factores de calidad, las causas pueden ser las siguientes:

- Oscurecimiento no enzimático causado por reacciones de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores, como consecuencia pueden producir alteraciones en el sabor y olor de las frutas sometidas a tratamientos de pasteurización.

- Caramelización causada por el efecto del calor sobre los azúcares y otros compuestos que además de provocar coloraciones oscuras, alteran el sabor y aroma.
- Oxidación y polimerización del ácido ascórbico, con el desarrollo de aromas y sabores impropios del alimento.
- Polimerización de aldehídos que provoca compuestos oscuros y sabores extraños.
- Degradación de vitaminas generalmente depende del pH y puede ser catalizada en presencia de metales cobre, hierro y zinc o enzimas.

La destrucción de nutrientes y vitaminas durante el tratamiento térmico, reduce el valor nutrimental, por lo que es necesario conocer la cinética de destrucción y el orden de reacción para determinar las condiciones del proceso necesarias para minimizar este efecto. Un ejemplo es la degradación del ácido ascórbico, donde la pérdida de vitamina es por la conversión de L-ácido ascórbico a L-ácido deshidroascórbico con oxígeno, la reacción es catalizada por iones de metales particularmente Cu^{+2} , Fe^{+2} y Zn^{+2} . Entre las vitaminas termolábiles la tiamina es la más estable a la desnaturalización por calor, en investigaciones se ha encontrado que la cinética es de primer orden, aunque también se han reportado cinéticas de segundo orden. La degradación del ácido ascórbico y de ácido fólico se ha reportado como una cinética de reacción de primer orden (Barrett y Lund, 1989).

2.4. ZUMO

2.4.1. Zumo de fruta

Por zumo de fruta se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por

tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha. Algunos zumos son elaborados junto con sus semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al zumo, aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación. Los zumos se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los zumos de la fruta de que proceden. Podrán ser turbios o claros y podrán contener componentes restablecidos de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta. Un zumo de un solo tipo es el que se obtiene de un solo tipo de fruta. Un zumo mixto es el que se obtiene mezclando dos o más zumos y purés de diferentes tipos de frutas (Codex Alimentarius, 2005).

El zumo de frutas se debe a su sabor placentero y refrescante, además de que los consumidores tienen conocimiento del beneficio nutritivo de la vitamina C, del ácido fólico y de la fibra dietética que contiene cada porción. Los procesos de pasteurización y de concentración conservan la calidad del producto y su alto valor nutritivo. Mejoras continuas en la tecnología le han permitido a la industria superar la calidad, con el resultado que hoy, el zumo de naranja goza de un excelente sabor, muy parecido al zumo recién exprimido (FAO, 2014).

2.4.2. Zumo de fruta a partir de concentrados

Mediante la reconstitución del zumo concentrado de fruta con agua potable se ajusta a los siguientes criterios. Se permite la introducción de aromas y aromatizantes para restablecer el nivel de estos componentes hasta alcanzar la concentración normal que

se obtiene del mismo fruto. En caso de los cítricos, la pulpa y las células son la envoltura del zumo obtenido del endocarpio.

2.4.3. Zumo concentrado de fruta

Es al producto que se ajusta a la definición de los zumos, salvo que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix al menos en un 50% más que el valor grados Brix establecido para el zumo reconstituido de la misma fruta. En la producción de zumo destinado a la elaboración de concentrados se utilizan procedimientos adecuados, que pueden combinarse con la difusión simultánea con agua de pulpa y células o el orujo de la fruta, siempre que los sólidos solubles de fruta extraídos con agua se añadan al zumo en la línea de producción antes de proceder a concentración. Los concentrados de zumos de fruta podrán contener componentes restablecidos de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta (Codex Alimentarius, 2005).

2.4.4. Zumo de fruta extraído con agua

Es el producto que se obtiene por difusión con agua.

- Fruta pulposa entera cuyo zumo no puede extraerse por procedimientos físicos.
- Fruta deshidratada entera.

Estos productos podrán ser concentrados y reconstituidos. El contenido de los sólidos del producto acabado deberá satisfacer el valor mínimo de los grados Brix para el zumo (Codex Alimentarius, 2005).

2.4.5. Zumo de aguaymanto

Su jugo, presenta valores de pH entre 3.6 a 4.1, éste parámetro favorece la estabilidad del ácido ascórbico en la fruta, frente a procesos de oxidación, tratamientos térmicos, exposición a la radiación, etc. Según el National Research Council, el jugo de aguaymanto madura tiene altos contenidos de pectinasa, lo que disminuye los costos en la elaboración de mermeladas y otros preparativos similares. (Fischer *et al.*, 2005).

2.5. ALMACENAMIENTO

La refrigeración se utiliza con frecuencia, en combinación con otras operaciones unitarias como la fermentación o la pasteurización para prolongar la vida útil de alimentos sometidos a procesos de conservación poco drásticos. Además la velocidad de los cambios bioquímicos provocados por microorganismos y enzimas de los propios alimentos, cambia logarítmicamente al variar la temperatura, la refrigeración por lo tanto frena las transformaciones enzimáticas y microbiológicas y frena la respiración de los alimentos frescos. Los cambios químicos bioquímicos y físicos durante el almacenamiento pueden dar lugar a la pérdida de calidad y en muchos casos estos cambios, más que el crecimiento microbiano, lo que limita la vida útil de estos alimentos, las pérdidas de los alimentos tipo cocinados refrigerados son las tienen perdidas insignificantes en tiamina rivoftamina y retinol, pero pérdidas diarias del 3.3% a 16% a 2 °C en el contenido de vitamina C (Fellows, 2007).

La pérdida de vitamina C durante el almacenamiento del zumo de naranja, hasta niveles inaceptables por la legislación define en muchos casos la vida media del propio zumo, convirtiendo al ácido ascórbico en un indicador de calidad del zumo de naranja. Durante el almacenamiento el contenido de vitamina C disminuye gradualmente dependiendo del procesado, temperatura de almacenamiento y tipo de envase. Cuando el

tratamiento dado al zumo es de tipo térmico la pérdida de vitamina C puede ser del 43%, siendo la velocidad de degradación de la vitamina C mayor que cuando se aplican tecnologías alternativas (Polydera *et al.*, 2003). El pardeamiento puede producirse por las reacciones de Maillard que ocurren entre grupos amino con azúcares reductores o por otros mecanismos no enzimáticos con carbohidratos no reductores durante el almacenamiento comercial. Las pérdidas de calidad nutricional en parte se atribuyen a estas reacciones por destrucción de aminoácidos esenciales, menor digestibilidad, producción de compuestos antinutritivos o tóxicos. El vidrio se considera un material inerte para el envasado, no causa problemas relacionados con la migración de los compuestos, es decir no transfiere sabores extraños al alimento y no absorbe los compuestos de la matriz del alimento. Es también impermeable a gases y vapores, su integridad y hermeticidad está garantizada en cuestiones de tapado. Sin embargo, la mayoría de sistemas de cierre, utilizan tapones de plástico, que pueden causar altos grados de migración. Además, el vidrio color ámbar no permite el paso de la luz, especialmente si no recibe la adición de pigmentos (Azeredo, 2004).

2.6. MICROBIOLÓGIA EN ZUMOS

El tipo de microorganismo presente en un alimento depende principalmente del pH y de la actividad del agua. En los alimentos ácidos, como lo pueden ser los zumos o purés de fruta ($\text{pH} \leq 4.5$), los microorganismos que crecen se controlan fácilmente con un tratamiento térmico de pasteurización suave. Sin embargo, se debe tener en cuenta algunos microorganismos alterantes de este tipo de productos, entre ellos algunas bacterias esporuladas como el *Clostridium pasteurianum* el cual no se desarrolla a pH inferior a 3.7 y que afecta a frutas y tomates enlatados, bacterias no esporuladas como el *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus mesenteroides* y *pleofructi*, que se destruyen con

tratamiento térmico a menos de 100 °C, las levaduras que presentan escasa resistencia al calor, pero que producen fermentación en productos ácidos con escaso tratamiento térmico, y los mohos como *Byssochlamys fulva* que afecta a frutas enlatadas y embotelladas y es responsable de la desintegración de frutas por descomposición del material péctico. En fresas se encuentra el *Byssochlamys nivea* y *Aspergillus* que son termoresistentes y afectan a las fresas enlatadas (García y Alonso, 2005).

El análisis microbiológico efectuado al aguaymanto fresco tuvo como resultado un valor de 350 ufc/g de bacterias mesófilas aerobias totales. Estos análisis se efectuaron con la finalidad de conocer el grado de contaminación microbiana que posee la materia prima y, a partir de los datos de hongos en la materia prima, los parámetros cinéticos de microorganismo de referencia para las frutas en almíbar *Bissochlamys fulva* y los datos de penetración de calor en el aguaymanto en almíbar, y el valor de P_0 (UP) requerido para el procesamiento del almíbar, como se puede apreciar el valor encontrado (350 y 1020 ufc/g) de carga microbiana total es relativamente baja, lo que se deba tal vez que el aguaymanto posea tal vez una cascara protectora denominada capullo o cáliz, el cuales una bolsa que recubre, en forma natural el fruto carnoso, protegiendo así contra daños físicos y microbiológicos (Encina, 2006).

Debido al bajo pH del zumo de naranja ($\text{pH} \leq 3.4$) el crecimiento de microorganismos patógenos se suprime. Las levaduras, mohos y bacterias de ácido láctico son los microorganismos responsables de la descomposición de jugo de naranja (Ogawa *et al.*, 1990). La eficacia del tratamiento de alta presión utilizado para la pasteurización del zumo de naranja en la medida como la reducción de la carga microbiana se refiere, se basa en experimentos anteriores sobre los microorganismos previamente aislados e identificados a partir de zumo de naranja reconstituido estropeado, basándose en los

resultados de estos experimentos y los valores reportados literatura, *Lactobacillus plantarum*, que muestran una mayor resistencia a la presión que los otros microorganismos presentes en el jugo, fue elegido como el microorganismo objetivo para el diseño del proceso para lograr un producto microbiológicamente estable (Taoukis, 2001).

Los microorganismos asociados al deterioro de los alimentos de alta acidez son principalmente los hongos y levaduras, algunas bacterias ácido lácticas y esporas de la bacteria *Alicyclobacillus acidoterrestris*. También existen enzimas de deterioro, resistentes, tales como la pectinesterasa, polifenolxidasa y la peroxidasa. Los hongos, levaduras y bacterias ácido lácticas son inhibidos por un tratamiento térmico a 66 °C por 1 min. En cuanto a las esporas de *Alicyclobacillus acidoterrestris*, se requieren tratamientos de temperatura y tiempo más elevados, sin embargo, la especie *Alicyclobacillus* es transmitida por el suelo, y por lo tanto considerando que el fruto tiene un crecimiento en el que no está en contacto directo con este, y sumado a que el *Physalis* tiene un cáliz protector, se puede considerar un factor de bajo riesgo (Simpson, 2008).

En los productos de frutas, las levaduras son los microorganismos que mejor cubren las necesidades en lo que se refiere a pH, condiciones nutritivas y de oxígeno, ya que son los microorganismos que más fácilmente crecen y se multiplican en estos alimentos. Las levaduras originan turbidez, sedimentos y velos y sus productos metabólicos, sobre todo alcohol etílico y CO₂, originados de la fermentación de los azúcares y especialmente la presencia de *Saccharomyces* y *Pichia* que pueden presentarse en las distintas fases de la elaboración de los zumos, aunque frecuentemente sean responsables de fermentaciones durante el almacenamiento y manipulación de los mismos. Las levaduras osmófilas atacan a ciertos jugos concentrados, *Byssochlamys* es

el género más común de mohos y más resistente causante del deterioro en productos de frutas, se encarga de la ruptura del material péctico de las frutas y por consiguiente la producción de gas. Las ascosporas de este microorganismo son termorresistentes dando lugar a la alteración de productos de frutas y por su capacidad de desarrollarse en condiciones de óxido reducción bajos (Muller, 1981).

2.6.1. Mohos

La mayoría de los mohos se desarrollan entre 15 y 30 °C con un óptimo de crecimiento alrededor de 20 a 25 °C aunque resisten temperaturas muy bajas. La humedad tiene una gran influencia sobre el desarrollo de los mohos, pero más que la humedad del sustrato es la disponibilidad del agua o actividad del agua el parámetro más importante, la mayoría de los mohos prefieren una actividad del agua de 0.80 a 0.95 aunque algunas especies pueden crecer a una actividad de agua menores a 0.70. La mayoría de los mohos son aerobios, aunque algunos soportan una anaerobiosis muy estricta, no son demasiado exigentes en cuanto al pH (Casp y Abril, 2003).

2.6.2. Levaduras

Las levaduras requieren menos agua que las bacterias, algunas pueden crecer en medios con muy baja humedad, tales como la miel y la mermelada, lo que quiere decir que pueden soportar una presión osmótica relativamente alta. Aunque la mayoría de las cepas no pueden desarrollarse en actividades de agua inferiores a 0.90, algunas toleran actividad de agua del orden de 0.60 pero con un metabolismo lento. Las levaduras pueden desarrollarse en medio de un pH entre 1.5 y 8.5. Su temperatura óptima de desarrollo se encuentra entre 25 y 30 °C (Casp y Abril, 2003).

Según los límites permisibles establecidos en la norma sanitaria R.M. N°591 – 2008 – SA, aprobado el 27/08/2008 NTS N°071 “Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano” para para bebidas no carbonatadas zumos, néctares, similares, establece según la Tabla 7.

Tabla 7. Norma sanitaria que establece criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano para bebidas no carbonatadas

Agente microbiano	Categoría	Clases	n	c	m	M
Mohos	2	3	5	2	1	10
Levaduras	2	3	5	2	1	10
Aerobios mesofilos	2	3	5	2	10	10 ²
Coliformes	5	2	5	0	< 3

Fuente: Diario oficial el Peruano (2008)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Alimentación y Nutrición y Laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en la ciudad de Puno a 3824 m.s.n.m.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

En la presente investigación se utilizaron aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) con cáliz obtenidos del Cusco. Las características fisicoquímicas del fruto de aguaymanto se presentan en el Capítulo IV resultados y discusiones.

3.2.2. Equipos de laboratorio

- Agitador magnético CAT M6
- Autoclave modelo LS B50 L – II, Capacidad 50 L. Serie N° 186
- Balanza analítica METTLER TOLEDO AL- 204. Capacidad 400 g/0.0001
- Balanza de 0 – 8 kg
- Baño maría MEMMERT capacidad 10 L de 5 °C a 125 °C
- Cocina eléctrica PREMIER.
- Contador de colonias BIOTECHNOLOGIES
- Cronómetro marca SAMSUNG
- Equipo de titulación para acidez

- Extractor de jugos OSTER, 1300 rpm, potencia 400 W
- Incubadora IN-60 L
- Medidor de actividad del agua AQUA LAB. Capacidad 5 g
- Potenciómetro. Marca JENWAY METTLER TOLEDO
- Refractómetro ATAGO (0 – 85%)
- Refrigeradora COLDEX de 0 – 7 °C capacidad 265 L

3.2.3. Materiales de laboratorio

- Fiola de 100 mL, 250 mL y 500 mL Pírex
- Gradilla metálico
- Matraz Erlenmeyer de 100 mL, 250 mL y 500 mL Pírex
- Mechero de bunsen
- Pipetas de 1 mL, 5 mL, 10 mL
- Placas petri Pírex
- Probetas 50 mL, 100 mL y 250 mL Pírex
- Tela tamiz N° 100 μm
- Termómetro de mercurio de – 20 °C a 150 °C
- Tubos de ensayo de 10 mL con tapa
- Vaso precipitado de 50 mL, 250 mL, 600 mL

3.2.4. Reactivos

- Ácido ascórbico 99.7%
- Acido oxálico 0.5%
- Fenolftaleína

- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Medio de cultivo. Agar OGYE marca MERK
- Reactivo 2.6 – Diclorofenolindofenol 99%
- Solución buffer

3.2.5. Insumos y otros materiales

- Agua destilada
- Alcohol etílico 98 °
- Baldes de 5 L y 10 L de capacidad
- Hipoclorito de sodio al 4%
- Cocina a gas marca SURGE
- Envases: frascos de vidrio de 60 mL de capacidad color ámbar con tapa
- Lavadores de 3 L y 10 L de capacidad
- Lavavajillas líquido AYUDIN
- Olla de aluminio de 5 L de capacidad
- Papel aluminio

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se ha realizado según el diagrama de flujo mostrado en la Figura 9. Dónde se presenta todos los procesos que se realizaron para determinar la concentración de ácido ascórbico en los tratamientos de pasteurización y durante el almacenamiento.

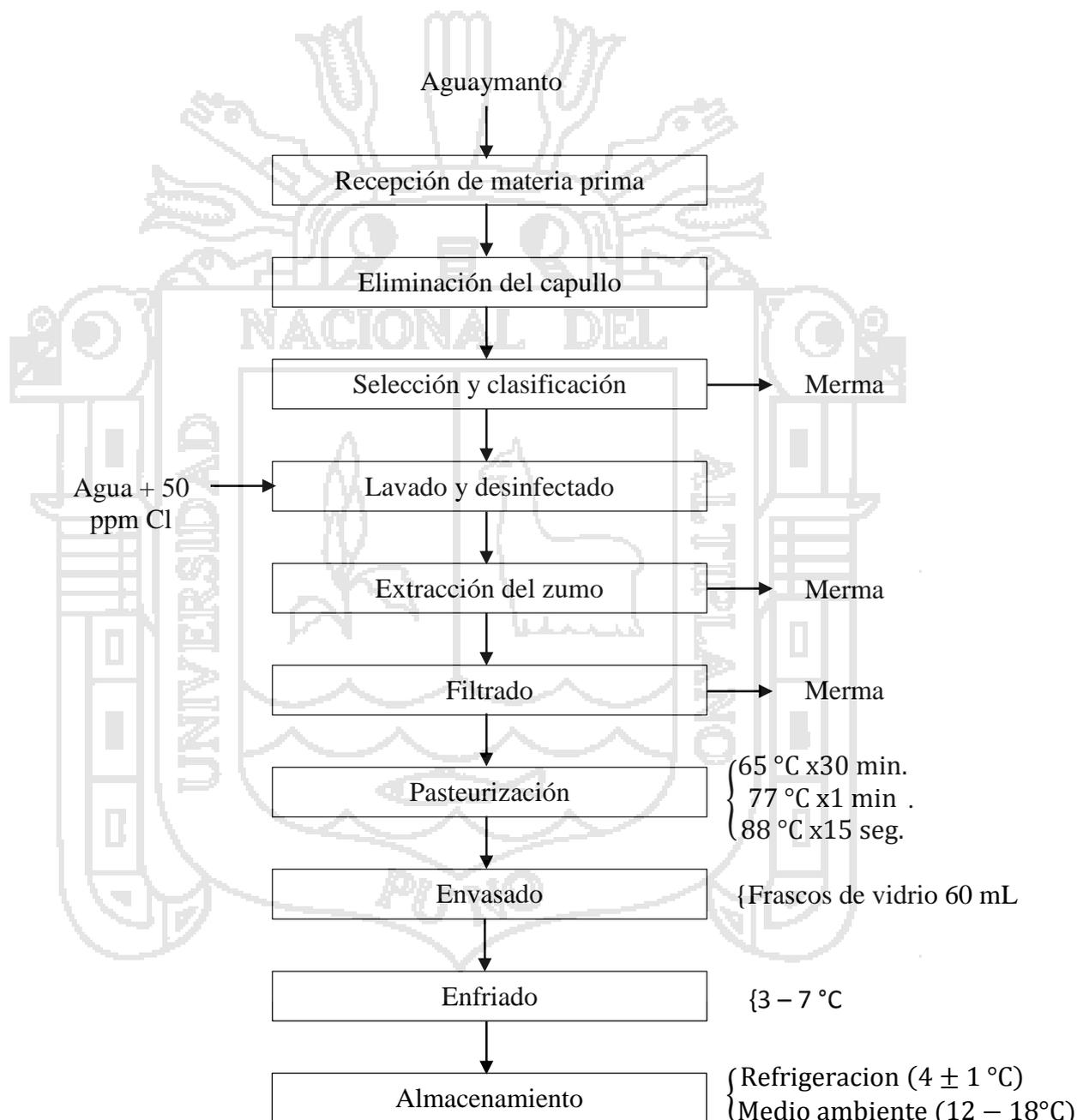


Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración del zumo de aguaymanto

3.3.1. Descripción del proceso

Recepción de materia prima

Operación en que se basó fundamentalmente, en la selección del mismo peso, tamaño y color, se realizó control de calidad hecha a la materia prima que se vio reflejada idealmente en la coloración y tamaño, además de estar libre de daños mecánicos, de insectos pudrición e indicio de ésta.

Eliminación del capullo

Se realizó manualmente, consiste en la separación del capullo o capacho que rodea al fruto carnoso de aguaymanto.

Selección y clasificación

Se seleccionaron los frutos considerando como no aptas para el proceso aquellas que tengan algún indicio de daño físico y microbiológico. Se clasificaron los frutos con las características de grados Brix (13 ° Brix) y acidez (1.90%) que tiene según la Norma Técnica Colombiana NTC 4580 (Anexo 1), se tomaron los frutos que presentaron las mejores características basándose en tres parámetros principales.

Daños: Se eliminaron los frutos que presentaron daños de tipo biológico, fisiológico y mecánico.

Madurez: Los índices de madurez son particulares para cada fruta en particular. La madurez óptima del aguaymanto fue 6.84. Según NTC (Anexo 1) se reflejó en la coloración amarilla brillante, características del fruto con contenido de sólidos solubles.

Tamaño: Se buscó una uniformidad de la materia prima.

Lavado y desinfectado

El lavado permitió eliminar todas las impurezas, el agua de desinfectado tuvo una concentración de 50 ppm de hipoclorito de sodio. Paralelamente se lavaron y desinfectaron los envases de vidrio con una concentración de 50 ppm.

Extracción de zumo

En ésta operación se realizó la extracción del zumo, separando la cáscara y las pepitas con una extractora a 1300 rpm para de 400W.

Filtrado

En ésta operación se realizó la separación del extracto y el bagazo, con una tela tamiz N° 100 μm .

Pasteurización

En esta etapa se realizó los tratamientos de pasteurización en el contenido de ácido ascórbico y para reducir la carga microbiana además asegurar la inocuidad del producto.

Envasado

El envasado se realizó en forma manual y en caliente, colocando el zumo en los frascos de vidrio de 60 mL.

Enfriado

Seguidamente se realizó el enfriado rápido en frascos envasados a temperatura 4 – 7 °C.

Almacenamiento

Se realizó de acuerdo al diseño experimental en condiciones refrigeración (4 ± 1 °C) y al medio ambiente ($12 - 18$ °C) durante 35 días. Se evaluó la estabilidad de la concentración del ácido ascórbico y se evaluó el análisis microbiológico.

3.4. FACTORES DE ESTUDIO

- **Objetivo 1:** Determinación del efecto de la pasteurización del ascórbico en el zumo de aguaymanto

Tratamientos

- Tratamientos de pasteurización: 65 °C por 30 min, 77 °C por 1min, 88 °C por 15 segundos

Variables de respuesta

- Ácido ascórbico (mg AA/100 mL).
- **Objetivo 2:** Determinación del grado de conservación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración y medio ambiente

Tratamientos

- Temperatura de almacenamiento: refrigeración (4 ± 1 °C), medio ambiente ($12 - 18$ °C)
- Tiempo de almacenamiento: 0, 7, 14, 21, 28, 35 días

Variables de respuesta

- Ácido ascórbico (mg AA/100 mL).
- Vida útil (días)

- **Objetivo 3:** Determinar el contenido de mohos y levaduras en el zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones refrigeración y medio ambiente.

Tratamientos

- Temperatura de almacenamiento (refrigeración (4 ± 1 °C), medio ambiente (12 – 18 °C))
- Tiempo de almacenamiento: 0, 18, 35 días

Variables de respuesta

- Mohos (ufc/mL)
- Levaduras (ufc/mL)

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. Determinación de ácido ascórbico por titulación

La concentración de ácido ascórbico fue determinado por titulación volumétrica con el reactivo 2,6-Diclorofenolindofenol (AOAC, 1995). A continuación se presenta la metodología según Briseño (s.f.).

A. Preparación de los estándares de trabajo

- Se disolvió 100 mg de ácido ascórbico en 100 mL de una solución de ácido oxálico al 0.5% en una fiola de 100 mL. Esta solución contiene 0.1% de ácido ascórbico y es inestable por lo que se utilizó inmediatamente.
- Se disolvió 100 mg de 2,6-diclorofenolindofenol en 100 mL de agua destilada. Se utilizó agua destilada hirviendo y se enrazó a 100 mL cuando estaba fría. Se almacenó en botella de color oscuro y en refrigeración.

- Se tomó 1 mL de la solución de la dilución anterior y se colocó en un erlenmeyer de 50 mL y se agregó 30 mL de una solución de ácido oxálico al 0.5% y se tituló con la solución de 2.6-diclorofenolindofenol.
- Titulación, para la titulación se utilizó una microbureta de aproximadamente 10 mL la cual contenía el 2.6-Diclorofenolindofenol. El final de la titulación se observó un cambio de color rosado débil, color que persistió por 10 a 15 segundos.
- Las lecturas a mayor tiempo dieron coloración algo más rosada la cual es fuente de error. La solución 2.6-diclorofenolindofenol se estandarizo cada vez que se utilizó.
- Cálculo del equivalente del ácido ascórbico: (T) de solución 2.6-diclorofenolindofenol. (x) en mg de ácido ascórbico por (y) en mL de solución de 2.6-diclorofenolindofenol

$$T = \frac{x}{y}$$

Dónde:

T : Equivalente de ácido ascórbico

x : 1 mg de ácido ascórbico

y : Gasto de solución de 2.6-diclorofenolindofenol

B. Determinación de la concentración de ácido ascórbico por titulación con 2,6-diclorofenolindofenol en el zumo de aguaymanto

- Se colocó 10 mL de zumo en una homogeneizadora.
- Se agregó 50 mL de solución al 0.5% de ácido oxálico a la homogeneizadora y desintegró por 5 minutos.
- La mezcla fue centrifugada. La solución filtrada se colocó en un Erlenmeyer.
- Se pipeteó 30 mL de la solución filtrada en un Erlenmeyer de 50 mL y se tituló rápidamente hasta obtener un color rosado débil, con la solución de 2,6-diclorofenolindofenol.
- Se hizo la titulación del blanco sobre 30 mL de la solución ácida y se restó este valor del valor de las otras titulaciones en este caso resultó cero.
- La determinación del contenido total de ácido ascórbico del zumo fue:

$$\frac{\text{mg de ácidoascorbico}}{100 \text{ ml de muestra}} = \frac{V * T * 100}{W}$$

Dónde:

V : Gasto en mL de colorante utilizado para titular una alícuota de muestra.

T : Equivalente en ácido ascórbico de la solución del colorante expresado en mg por mL de colorante.

W : mL de muestra en la alícuota titulada.

3.5.2. Análisis microbiológico

El recuento total de mohos y levaduras se realizó según la ICMSF (2000). A continuación se presenta la metodología.

A. Preparación de las diluciones.

Se preparó la solución salina peptonada (SSP) en frascos Erlenmeyer a razón de 9 mL. Se esterilizó a 121 °C durante 15 minutos.

Peptona : 1 g.

NaCl p.a. : 8.5 g

Agua destilada : 1 L.

B. Preparación de medio de cultivo y recuento de colonias

- El número de microorganismos viables en mohos y levaduras fue determinado en número de unidades formadoras de colonias (ufc) que se desarrollaron a partir de 1 mL de muestra sobre agar OGYE. El agar se esterilizó a 121 °C por 15 minutos.
- Se sembró en placas petri estériles a 1 mL de la serie de dilución (10^{-1}) con 15 mL de medio de cultivo estéril, conservando más o menos 50 °C, luego se solidificó.
- Para el recuento de levaduras, se incubó por 24 horas a 37 °C y se hizo el recuento de levaduras.
- Para el recuento de mohos, en la misma placa se incubó durante 7 días para la formación y recuento de mohos a 37 °C.
- Finalmente se realizó el conteo de número de colonias que se han desarrollado en la placa petri que contienen entre 20 a 200 colonias guardando siempre el factor de dilución entre las disoluciones contiguas.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental por que se refiere a la presentación de resultados del estudio y de investigación cuantitativos, para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), a un 95% de significancia y el test de Duncan ($p = 0.05$) para determinar las posibles diferencias entre las muestras de las variables. Se trabajó con el programa STATGRAPHIC CENTURIÓN XVI.

3.6.1. Determinación del efecto de la pasteurización en el ácido ascórbico del zumo de aguaymanto

En esta etapa se evaluó la pasteurización de zumo de aguaymanto a diferentes tiempos y temperaturas según las condiciones mínimas de tratamiento son: 65 °C por 30 minutos, 77 °C por 1 minuto y 88 °C por 15 segundos. Seguido de enfriamiento rápido a 3 – 7 °C. Los parámetros de pasteurización se establecieron para conseguir la máxima retención de ácido ascórbico durante la pasteurización. Los tratamientos fueron:

Tabla 8. Tratamientos de pasteurización

Tratamientos
65 °C x 30 min
77 °C x 1 min
88 °C x 15 seg.

Para la determinación del efecto de pasteurización del zumo de aguaymanto realizó bajo un DCA (Ibáñez, 2009), con 3 tratamientos y 3 repeticiones. La ecuación es la siguiente:

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

Dónde:

Y_{ij} : Es la variable de respuesta en la j-ésima unidad experimental, sujeto al i-ésimo tratamiento

μ : Es el efecto de la media general o constante común

τ_i : Es el efecto del i-ésimo tratamiento de pasteurización

ε_{ij} : Es el efecto del error experimental

3.6.2. Determinación del grado de conservación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones refrigeración y medio ambiente

Para ésta etapa, se comparó el grado de conservación del ácido ascórbico en ambas condiciones de almacenamiento. Se almacenaron a temperatura refrigeración (4 ± 1 °C) y temperatura medio ambiente ($12 - 18$ °C) durante 35 días (0, 7, 14, 21, 28 y 35), y se determinó la estabilidad del contenido de ácido ascórbico del zumo de aguaymanto cada 7 días. Los tratamientos se presentan en la Tabla 9.

Para la comparación durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración (4 ± 1 °C) y al medio ambiente ($12 - 14$ °C), se utilizó un experimento factorial bajo un diseño completamente al azar DCA (Ibáñez, 2009), de 2×5 con 3 repeticiones.

Tabla 9. Temperatura y tiempo durante el almacenamiento

Tratamientos	
Temperatura	Tiempo (días)
Refrigeración (4±1 °C)	T1 = 7
	T2 = 14
	T3 = 21
	T4 = 28
	T5 = 35
Medio ambiente (12 – 18 °C)	T1 = 7
	T2 = 14
	T3 = 21
	T4 = 28
	T5 = 35

La ecuación matemática es la siguiente:

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

Dónde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta de la k-ésima observación bajo la j-ésimo nivel de factor tiempo de almacenamiento, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento temperatura de almacenamiento.

μ : Efecto de la media de la población a la cual pertenecen las observaciones

α_i : Efecto de la i-ésimo nivel del factor temperatura de almacenamiento

β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor tiempo de almacenamiento

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto interacción del i-ésimo nivel del factor temperatura, en el j-ésimo nivel del factor tiempo de almacenamiento.

ε_{ijk} : Efecto del error experimental

Para la determinación de vida útil del zumo de aguaymanto se evaluó, mediante la degradación de la concentración de ácido ascórbico, el contenido de ácido ascórbico tiene que ser más de 20 mg AA/100 mL a la fecha de vencimiento (Polydera *et al.*, 2003). Basadas en las ecuaciones de cinética básica (Labuza, 1982), que se presenta a continuación.

A. Para orden de reacción cero

Considerando un atributo de calidad C que disminuye en forma lineal durante el almacenamiento. Cuando la reacción es de orden, $n = 0$, la expresión queda de la siguiente forma:

$$C = C_0 - kt$$

Integrando la ecuación y despejando t se obtiene:

$$t = \frac{C_0 - C}{k}$$

Donde C_0 es el valor del parámetro a tiempo cero, o sea el valor inicial, y C es el valor del parámetro a tiempo t . La evolución del parámetro C es lineal con el tiempo, es lo que Labuza (1982) define como pérdida constante de vida útil.

B. Para el orden de reacción uno

Considerando un atributo de calidad C que disminuye en forma exponencial durante el almacenamiento. Cuando la reacción es de orden, $n = 1$, la expresión queda de la siguiente forma:

$$C = C_0 e^{-kt}$$

Integrando la ecuación y despejando se tiene:

$$t = \frac{\ln C_0 - \ln C}{k}$$

Donde C_0 es el valor del parámetro a tiempo cero, o sea el valor inicial, y C es el valor del parámetro a tiempo t . La evolución del parámetro C es exponencial con el tiempo, es lo que Labuza (1982) define como pérdida variable de vida útil.

3.6.3. Determinación del contenido de mohos y levaduras del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración y medio ambiente

Se realizó la evaluación microbiológica mohos y levaduras del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento en condiciones refrigeración y al medio ambiente por 35 días en intervalos de 0, 18 y 35 días y se comparó con la Norma Sanitaria.

Tabla 10. Norma sanitaria

Agente microbiano	Categoría	Clases	n	c	m	M
Mohos	2	3	5	2	1	10
Levaduras	2	3	5	2	1	10

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En la Tabla 11 se presenta los resultados del análisis físico químico del fruto de aguaymanto.

Tabla 11. Análisis fisicoquímico del fruto de aguaymanto

Componente	Contenido
Acidez total (g ácido cítrico/100 g de fruto)	1.90 \pm 0.07
pH.	4.1 \pm 0.05
Sólidos solubles	13.0 \pm 0.35
Índice de madurez (Solidos Solubles/Acidez Total)	6.84 \pm 0.71
Actividad del agua (A_w) a 22.59 °C	0.988 \pm 0.001
Ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico /100 g fruto)	34.85 \pm 0.68

Fuente: Elaboración propia (2014)

En la Tabla 11, se observa el contenido de acidez total expresado en ácido cítrico es 1.90%, este valor es menor a 2.28% reportado por Encina y Ureña (2007), esto es debido al estado de madurez del fruto, este valor es mayor mientras su estado de madurez es creciente el ácido más importante es el cítrico, representando el 70 a 90% de los ácidos totales, además los ácidos orgánicos disminuyen estacionalmente cuando la fruta madura. El ICONTEC (1999) reporta un valor máximo de ácido cítrico de 2.34 mostrando así que el valor obtenido en el fruto está dentro del rango. Por otra parte López *et al.*, (2013) reporto 2.01% este valor es similar a los resultados obtenidos, esto puede ser atribuido a la misma variedad. Con lo que se confirma que el producto utilizado tiene características idóneas para el procesado del zumo de aguaymanto. El pH de aguaymanto obtenido es 4.1 este valor es similar a 4.08 reportado por Encina y Ureña (2007), esto puede ser

atribuido a las mismas características del fruto, este valor que se encuentra dentro del rango para las frutas ácidas 2.5 a 4.5.

El contenido de sólidos solubles obtenido fue 13 ° Brix, este valor es similar a 12.5 ° Brix reportado por Encina y Ureña (2006), esto puede ser atribuido al estado de madurez. Por otra parte López *et al.*, (2013) reportó 13.96 °Brix este valor relativamente alto es superior al obtenido esto puede ser atribuido al estado de madurez. La Norma Técnica de Colombia ICONTEC (1999) del aguaymanto establece como mínimo para el estado de madurez intermedia entre 13.2 – 14.1 ° Brix demostrando que el fruto estaba dentro del rango. Morín *et al.*, (1985) indica que la cantidad de sólidos solubles que contiene un jugo de fruta cítrica es también un índice de grado de madurez de la misma. El índice de madurez promedio obtenida según la relación Sólidos Solubles Totales y Acidez Total fue 6.84. Según ICONTEC (1999) establece el índice de madurez en 5.2 a 7.1 para un estado de madurez intermedia, por lo tanto el fruto está dentro del rango.

El valor de la actividad del agua del fruto de aguaymanto medida a 22.59 °C fue 0.98 siendo un valor alto. Lo que indica que el fruto necesita tecnologías que puedan minimizar el contacto con el medio ambiente y de esta forma prolongar su conservación. Las levaduras y los hongos son más tolerantes con respecto a la actividad de agua que bacterias, influenciada también por otros factores como el pH, el potencial Redox y el tratamiento térmico (Badui, 1984).

El contenido de ácido ascórbico del fruto de aguaymanto obtenido fue 34.85 mg AA/100 g, este valor es superior a 28.55 mg AA/100 g reportado por Encina y Ureña (2007), esto es debido al estado de madurez y manejo de poscosecha del fruto, por otra parte Briones *et al.*, (2013) reportó 26.31 mg AA/100 g, este valor es menor al obtenido, esto puede ser atribuido al manejo de poscosecha, lugar de procedencia. Según el

MINAGRI (2014) reporto 40 a 50 mg AA/100 g, este valor es superior al obtenido probablemente sea al método de análisis efectuado, con lo que se confirma que el producto utilizado tiene un alto contenido de ácido ascórbico. Estos valores pueden diferir de varios factores entre ellos el suelo, clima, labores culturales, variedad, estado de madurez etc. El ácido ascórbico está clasificado como una vitamina hidrosoluble, es la razón por la cual es abundante en frutas con contenido de agua que supera el 50%, esto explicaría el alto nivel de ácido ascórbico en el fruto de aguaymanto.

Tabla 12. Análisis microbiológico del fruto de aguaymanto

Microorganismo	Contenido (ufc/g)
Mohos	480
Levaduras	300

En la Tabla 12 se observa el contenido total de hongos en número de unidades formadoras de colonias totales (ufc/g) para mohos es de 480 ufc/g y levaduras 300 ufc/g. Estos valores bajos en comparación a otras frutas pero son similares a 1020 ufc/gr de hongos reportado Encina y Ureña (2007). Por otro lado Hernández (2011), reportó 590 ufc/g de hongos totales este valor similar al obtenido esto es debido al cáliz protector, estos análisis se efectuaron con la finalidad de conocer el grado de contaminación microbiana que posee la materia prima, y a partir del dato de hongos en la materia prima, los parámetros de pasteurización del microorganismo de referencia (*Bissochlamys fulva*) (Hurtado, 1987 citado por Encina y Ureña, 2007).

4.2. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA PASTEURIZACIÓN EN EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO DEL ZUMO DE AGUAYMANTO

En la Tabla 13 y en la Figura 10 se presentan los valores promedios de la concentración del ácido ascórbico obtenidos en los tratamientos de pasteurización.

Tabla 13. Concentración de ácido ascórbico en los tratamientos

Condiciones mínimas de tratamiento	mg Ácido Ascórbico/100 mL de zumo
T1 = 65 °C x30 min.	23.12 ±0.52
T2 =77 °C x1 min.	27.22 ±0.71
T3 = 88 °C x15 seg.	25.85 ±0.52

Fuente: Elaboración propia (2014)

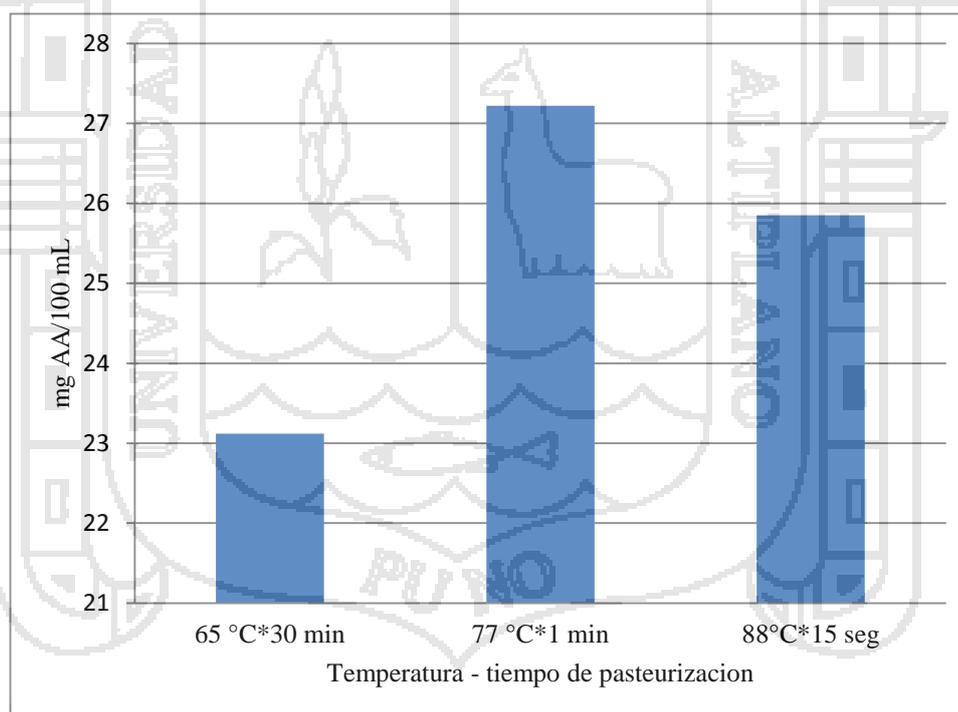


Figura 10. Gráfico de comparación entre los tratamientos de pasteurización en la retención del ácido ascórbico

En la Tabla 14 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación del contenido de ácido ascórbico en la pasteurización.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de ácido ascórbico en la pasteurización

F. de V.	SC	GL.	CM	FC	Significancia
Tratamientos	26.1489	2	13.0744	37.05	**
Error experimental	2.11727	6	0.352878		
Total	28.2662	8			

Coefficiente de variabilidad: 2.34%

En la Tabla 14 análisis de varianza (ANOVA) se observa que hay una diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (T1, T2 y T3), esto implica que el contenido de ácido ascórbico son diferentes, esto nos implica realizar la prueba post ya que el ANOVA es significativo, y así obtener conclusiones verdaderas para tomar una decisión adecuada. Para determinar cuál de los tratamientos se debe aplicar para la elaboración del zumo aguaymanto con mayor contenido de ácido ascórbico se realizó la prueba de comparaciones de medias Duncan, dicha prueba se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Prueba de rango de múltiples de Duncan para la pasteurización, $\alpha = 0.05$

Tratamientos	Media	Sig.
77 °C por 1min.	27.22	a
88 °C por 15seg.	25.85	b
65 °C por 30min.	23.12	c

De acuerdo a la prueba de comparaciones de medias de Duncan se concluye que el tratamiento de pasteurización con mayor retención de ácido ascórbico fue de 77 °C durante 1 minuto con un contenido de 27.22 mg AA/100 mL. Este tratamiento se utilizó para la elaboración de zumo de aguaymanto.

En el tratamiento T1: 65 °C por 30 minutos se observa la pasteurización temperatura baja y tiempo prolongado, el contenido de ácido ascórbico fue 23.12 mg AA/100 mL lo que representa retención de 66.34% respecto al fruto, según Fellows (2007) la utilización de tratamientos largos a temperaturas bajas (63 °C por 30 minutos) provoca pérdidas vitamínicas ligeramente superiores a las que producen en los sistemas HTST. Por otra parte en el tratamiento T2: 77 °C por 1 minuto se observa temperatura alta y tiempo corto el contenido de ácido ascórbico es superior, con 27.22 mg AA/100 mL, lo que representa retención del 78.10% respecto al fruto, este valor es superior en comparación a los otros tratamientos. Por otra parte Hernández (2011) reportó 19.26 mg AA/100 mL para un tratamiento de pasteurización térmica de 75 °C por 4 minutos con una retención del 56.40% del fruto, este valor es menor debido a la pasteurización en tiempo prolongado y puede ser atribuido al método de pasteurización, por otra parte Polydera *et al.*, (2003), reportó 40 mg AA/100 mL para el zumo de naranja a un tratamiento de 80 °C por 30 segundos, reportándose una retención del 80% para el fruto de naranja, éste valor es superior en comparación al obtenido debido a una temperatura alta y tiempo corto, además al tipo de producto (naranja) y puede ser al equipo utilizado, las condiciones de pasteurización térmicos usados (80 °C, 30 s) se seleccionaron para que sean los mismos que en una pasteurización convencional de zumo de naranja producido industrialmente. Por otra parte en el tratamiento T3: 88 °C por 15 segundos, altas temperaturas y tiempo corto se puede apreciar que hay una retención inferior al tratamiento anterior con un contenido de 25.85 mg AA/100 mL lo que representa

retención del 74.2%, este valor es menor a 30.20 mg AA/100 mL con tratamiento de 90 °C por 2 minutos para el zumo de aguaymanto reportado por Mohamed *et al.*, (2014) con una retención de 77.63% de ácido ascórbico, esto puede ser atribuido al tratamiento aplicado, al método de análisis. Según Fellows, (2007) los parámetros de pasteurización pueden establecerse para conseguir la máxima retención de vitaminas y características organolépticas, para ello deben utilizarse tratamientos a elevadas temperaturas durante tiempos cortos (HTST). Actualmente, el zumo se somete a temperaturas entre los 90 a 95 °C durante 15 a 60 segundos y éste se envasa asépticamente en caliente, se enfría y se almacena para su comercialización (Cano *et al.*, 2003). Cuando el tratamiento es por altas presiones, el zumo de naranja retiene un 70 – 79% de la vitamina C, mientras que si se aplica un tratamiento térmico convencional sólo retiene un 57% (Polydera *et al.*, 2003).

De acuerdo a lo analizado se concluye que el tratamiento de pasteurización con mayor retención de ácido ascórbico fue de 77 °C durante 1 minuto con un contenido de 27.22 mg AA/100 mL. Este tratamiento se recomienda para la elaboración de zumo de aguaymanto con mayor contenido de vitamina C.

4.3. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONSERVACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO DEL ZUMO DE AGUAYMANTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

En la Tabla 16 y en la Figura 11 se presentan los valores promedios de la concentración del ácido ascórbico durante el almacenamiento en condiciones refrigeración y al medio ambiente.

Tabla 16. Resultado de la concentración del ácido ascórbico durante el almacenamiento

Días de almacenamiento	Temperatura refrigeración (4±1 °C)	Temperatura medio ambiente (12 – 18 °C)
	(mg AA/100 mL)	(mg AA/100 mL)
0	27.22 ±0.71	27.22 ±0.71
7	26.19 ±0.20	25.97 ±0.34
14	25.85 ±0.39	25.06 ±0.20
21	25.40 ±0.20	24.71 ±0.20
28	25.28 ±0.34	24.41 ±0.20
35	25.06 ±0.20	24.14 ±0.20

Fuente: Elaboración propia (2014)

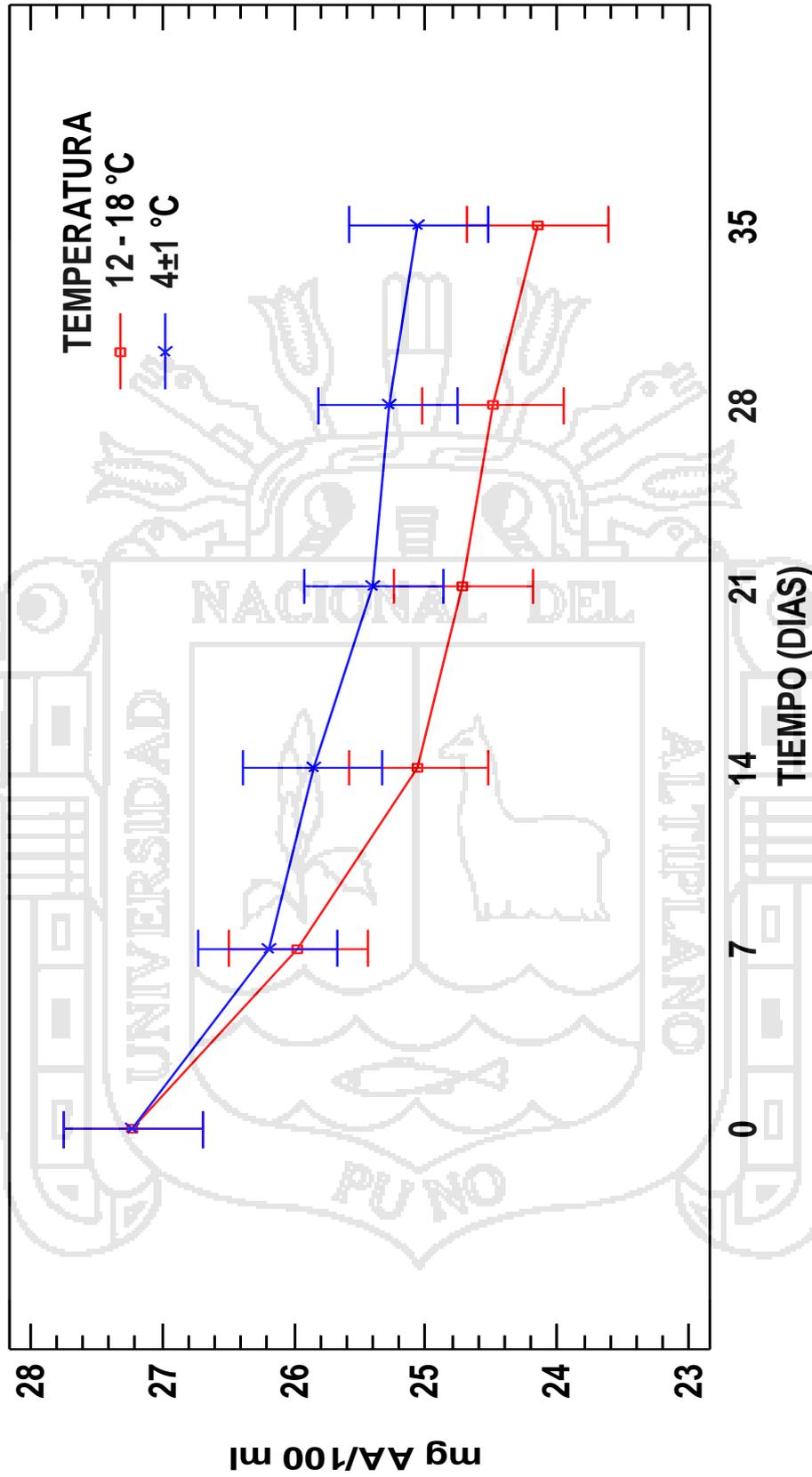


Figura 11. Degradación del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración y al medio ambiente

En la Tabla 17 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) del contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración y al medio ambiente.

Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto tiempo y temperatura durante el almacenamiento

F. de V.	SC	GL.	CM	FC	Significancia
Temperatura(A)	3.43408	1	3.43408	61.34	*
Tiempo(B)	7.82415	4	1.95604	34.94	*
AxB	0.4075	4	0.101875	1.82	ns
Error Experimental	1.11973	20	0.0559867		
TOTAL	12.7855	29			

Coefficiente de variabilidad: 0.94%

En la Tabla 17, análisis de varianza (ANOVA) encontramos una diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) para los factores temperatura y tiempo, sin embargo la interacción no presenta diferencia alguna, esto implica que los dos factores son independientes, esto indica que la temperatura y tiempo de almacenamiento influye significativamente en el contenido de ácido ascórbico del zumo de aguaymanto. Para determinar el tratamiento que mejor conserva el ácido ascórbico en las condiciones de almacenamiento se realizó la prueba de comparaciones de media de Duncan.

Tabla 18. Pruebas de rango múltiple de Duncan para la temperatura de almacenamiento, $\alpha=0,05$

Temperatura	Media	Sig.
Refrigeración ($4 \pm 1^\circ\text{C}$)	25.56	a
Medio ambiente ($12 - 18^\circ\text{C}$)	24.88	b

En la Tabla 18 se muestra la prueba de comparación múltiple de Duncan para el almacenamiento, dónde se observa que la temperatura de refrigeración ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) es la que mejor conserva el contenido de ácido ascórbico que a temperatura medio ambiente ($12 - 18^{\circ}\text{C}$) para el zumo de aguaymanto.

Tabla 19. Pruebas de rango múltiple de Duncan para el tiempo de almacenamiento, $\alpha=0.05$

Tiempo (días)	Media	Sig.
7	26.08	a
14	25.46	b
21	25.06	c
28	24.89	c d
35	24.62	d

En la Tabla 19 se observa la prueba de comparación múltiple de Duncan para el tiempo de almacenamiento, donde se observa que hay disminución significativa en el contenido de ácido ascórbico, en ambas condiciones de almacenamiento.

En la Tabla 16 se observa la concentración de ácido ascórbico durante el almacenamiento en ambas condiciones. En condiciones de refrigeración el contenido de ácido ascórbico disminuyó gradualmente conforme transcurre el tiempo de 27.22 a 25.06 mg AA/100 mL, lo que representa pérdidas del 7.9%. En condiciones al medio ambiente mostro un comportamiento similar ya que disminuyó gradualmente al transcurrir el tiempo de 27.22 a 24.14 mg AA/100 mL lo que representa pérdidas del 11.3%, durante 35 días.

Polydera *et al.*, (2003), reportó las tasas de pérdida de ácido ascórbico durante el almacenamiento de alta presión y el jugo pasteurizado térmicamente, observó una diferencia notable en las tasas de degradación de ácido ascórbico de primer orden a

temperaturas más altas cuando se utilizaron diferentes tipos de envases para el almacenamiento de zumo de naranja, la pérdida de ácido ascórbico después del almacenamiento de zumo de naranja de alta presión durante 1 mes a 5 °C en botellas de polipropileno de barrera intermedia al oxígeno fue 30% y en bolsas flexibles laminadas de alta barrera al oxígeno era 21% respectivamente, en contraste el tratamiento térmico condujo a una pérdida de ácido ascórbico igual a 43% cuando se usaron botellas de plástico y 23% en bolsas flexibles, en 15 °C la tasa de pérdida de ácido ascórbico fue casi el doble, en el caso de botellas de polipropileno en comparación con las bolsas flexibles durante el almacenamiento, tanto para alta presión y tratado térmicamente del zumo de naranja. Estos valores de pérdida de ácido ascórbico son superiores en comparación al obtenido para condiciones de refrigeración con 7.9% y para medio ambiente con 11.3%, esto es debido al tipo de envase utilizado para esta investigación el envase frasco de vidrio color ámbar. En las botellas de polipropileno, la difusión a través de esta barrera de oxígeno intermedia es más rápido, de modo que la degradación oxidativa del ácido ascórbico está controlando el mecanismo de las tasas de pérdida de ácido ascórbico. Las tasas más bajas de degradación de ácido ascórbico son controlados por la lenta difusión de oxígeno a través de la bolsas flexibles laminados de alta barrera al oxígeno, por otra parte la barrera del cristal no permite pasar el oxígeno, durante el almacenamiento el contenido de vitamina C disminuye gradualmente dependiendo del procesado, temperatura de almacenamiento y tipo de envase.

Según Nienaber y Shellhammer (2001), reportó la pérdida de ácido ascórbico fue inferior al 20% después del almacenamiento a 4 °C durante 3 meses y a 15 °C durante 2 meses en el zumo de naranja, al comienzo del período de almacenamiento de una caída inicial en la concentración de ácido ascórbico. Esto se puede atribuir al hecho de que el jugo no se desairó, por lo tanto, una parte del ácido ascórbico reaccionó inmediatamente

con el oxígeno disuelto. Durante su posterior almacenamiento, la concentración de ácido ascórbico disminuyó gradualmente en todas las muestras, siguiendo los pseudo-cinética de orden cero, esto se puede atribuir a la difusión de oxígeno a través de las botellas de PET y descomposición anaeróbica de ácido ascórbico. Estos valores son similares al obtenido en esta investigación probablemente se deba al tipo de envasado y a las temperaturas de almacenamiento.

Esteve *et al.*, (1995) estudiaron la estabilidad del ácido ascórbico en zumo de naranja natural y en zumos de naranja comerciales mantenidos a 4 y 10 °C, obteniendo que a 4 °C las pérdidas de ácido ascórbico eran menores del 10% a los 7 días de almacenamiento. Por otra parte Choi *et al.*,(2002) obtuvieron que, en un zumo pasteurizado a 90 °C, 90 s, durante el almacenamiento en refrigeración a 4.5 °C, el ácido ascórbico disminuía más del 50% dentro de las 3 primeras semanas y se degradaba completamente después de 5 semanas de almacenamiento. Por otra parte Yeom *et al.*, (2000) estudiaron los efectos de la pasteurización térmica a 94.6 °C por 30 s en la concentración del ácido ascórbico en el zumo de naranja durante el almacenamiento a 4 °C y 25 °C, este autor obtuvo que después de 31 días de almacenamiento a 4 °C la concentración de ácido ascórbico se reducía al 50%. Si la temperatura de almacenamiento era de 25 °C la concentración de ácido ascórbico se reducía al 50 % en 12 días. Estos autores obtuvieron una degradación superior al comparar con esta investigación, esto puede ser atribuido a la diferencia de temperatura, al tipo de envase durante el almacenamiento. La pérdida de vitamina C durante el almacenamiento del zumo de naranja, hasta niveles inaceptables por la legislación define en muchos casos la vida media del propio zumo, convirtiendo al ácido ascórbico en un indicador de calidad del zumo de naranja (Polydera *et al.*, 2003).

El pardeamiento puede producirse por las reacciones de Maillard que ocurren entre grupos amino con azúcares reductores o por otros mecanismos no enzimáticos con carbohidratos no reductores durante el almacenamiento comercial (Friedman *et al.*, 1992). La degradación del ácido ascórbico se produce por dos posibles mecanismos, los oxidativos y los no oxidativos, el oxígeno atmosférico es responsable de muchas de las pérdidas de vitamina C durante el almacenamiento y muchos envases de tipo polimérico son capaces de dejar pasar el oxígeno atmosférico, el envasado aséptico en envases poliméricos mostró una degradación rápida del ácido ascórbico independientemente de los métodos de procesado. La mayor retención de ácido ascórbico en los zumos tratados fue hallada para los zumos envasados en botellas de vidrio y PET (Ayhan *et al.*, 2000). Por otro lado Encina (2006) señala que la ruta de degradación del ácido ascórbico es muy variable y depende de cada sistema en particular y que son muchos los factores que pueden influir en la degradación de este, como son el tiempo, la temperatura, concentración de sal y azúcar, pH, oxígeno, enzimas, metales catalíticos, aminoácidos, concentración inicial de ácido ascórbico o dehidroascórbico. De igual forma expresa que el efecto sinérgico en medio de estos factores influye en el rango de degradación.

4.3.1. Determinación de vida útil

La disminución de la concentración de vitamina C a niveles inaceptables por la legislación y la práctica industrial a menudo define la vida útil zumo de naranja, la concentración de ácido ascórbico es un indicador importante de la calidad del zumo durante el almacenamiento. El contenido de vitamina C de zumo de naranja se redujo gradualmente a una velocidad en función del procesamiento, la temperatura de almacenamiento y envasado (Polydera *et al.*, 2003).

Para determinar la vida útil del zumo de aguaymanto se ha evaluado en ambas condiciones de almacenamiento, la degradación del ácido ascórbico. Durante el almacenamiento en refrigeración el contenido de ácido ascórbico disminuyó gradualmente conforme transcurre el tiempo durante 35 días de 27.22 a 25.06 mg AA/100 mL y de manera similar en condiciones al medio ambiente disminuyó gradualmente conforme transcurre el tiempo durante 35 días de 27.22 a 24.14 mg AA/100 mL. Según la Asociación de la Industria de Zumos y Néctares de Frutas y Hortalizas de la Unión Europea reportado por Polydera *et al.*, (2003), el contenido de ácido ascórbico tiene que ser más de 20 mg/100 mL de zumo de naranja en la fecha de vencimiento, este contenido de vitamina C se utilizó para estimar el final de la vida útil de zumo de aguaymanto. La vida útil de zumo de aguaymanto se estima, de acuerdo con esta limitación, el período de tiempo en el que hay una pérdida de ácido ascórbico debe ser 27%, ya que la concentración inicial de ácido ascórbico de zumo de aguaymanto estudiada fue de aproximadamente 27.22 mg AA/100 mL.

Tabla 20. Tasa de pérdida de ácido ascórbico k , del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento a condiciones de refrigeración y al medio ambiente

Temperatura de almacenamiento	Orden de reacción uno		Orden de reacción cero	
	k (días ⁻¹)	R^2	k (mg AA/100 mL)	R^2
Refrigeración (4 ± 1 °C)	0.0022	0.8957	0.0571	0.8885
Medio ambiente (12 – 18 °C)	0.0032	0.9005	0.0824	0.8911

En la Tabla 20 se observa la velocidad de degradación del ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto estudiado, así como el coeficiente de correlación, durante el almacenamiento en ambas condiciones. El coeficiente de correlación que más se ajusta al estudio es el orden de reacción uno, se observa que la velocidad de degradación del ácido

ascórbico cuando el zumo se almacena a refrigeración ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) es menor que cuando la temperatura de almacenamiento es al medio ambiente ($12 - 18^{\circ}\text{C}$).

En la Figura 10 y Figura 11 se observa la tendencia de degradación de ácido ascórbico para el orden de reacción cero y orden de reacción uno.

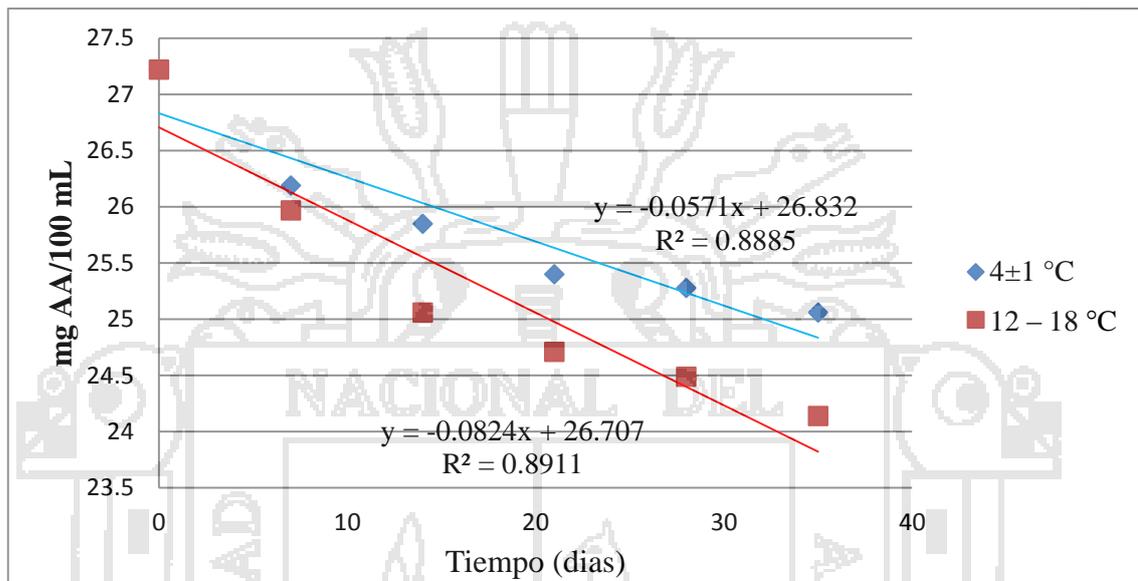


Figura 12. Gráfica de orden de reacción cero en la degradación del ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto

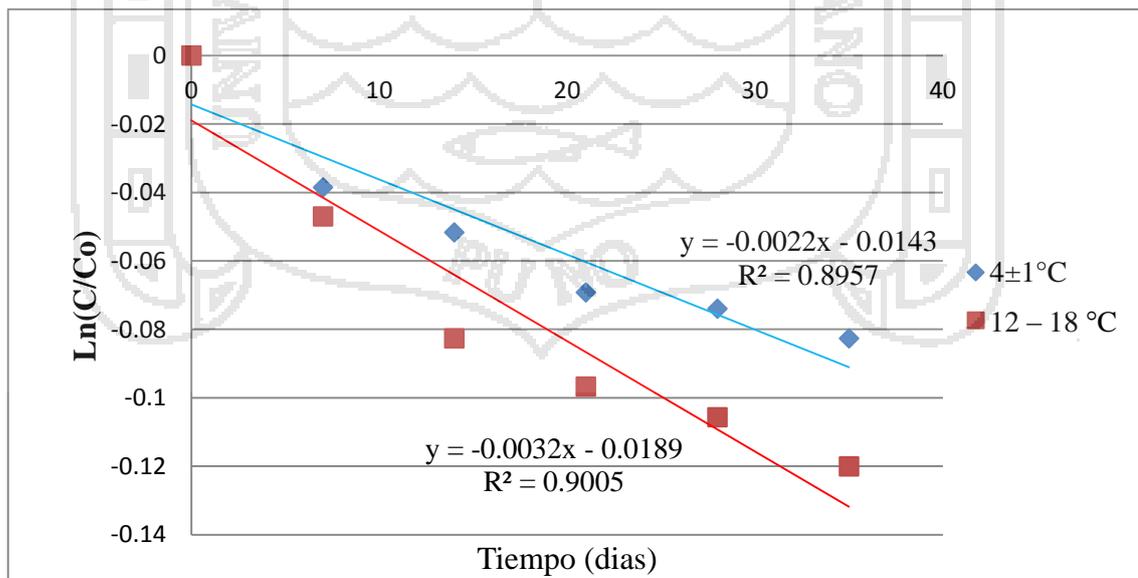


Figura 13. Gráfica de orden de reacción uno en la degradación del ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto

Durante el almacenamiento la concentración de vitamina C en el zumo disminuye según las condiciones de almacenamiento. Teniendo en cuenta estudios previos, se considera que el ácido ascórbico sigue una cinética de degradación de primer orden. El contenido de ácido ascórbico de zumo de aguaymanto se redujo gradualmente a una velocidad en función de procesamiento, la temperatura de almacenamiento y envasado.

En la Tabla 21 se presenta la vida útil durante el almacenamiento.

Tabla 21. Vida de útil del zumo de aguaymanto

Temperatura de almacenamiento	Vida útil (días)
Refrigeración (4 ± 1 °C)	140
Medio ambiente (12 – 18 °C)	95

De acuerdo al análisis se llegó a la conclusión que durante el almacenamiento la temperatura y el tiempo influyen en la estabilidad del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto, hay una significativa disminución del contenido de ácido ascórbico. La temperatura de refrigeración representó pérdida del 7.9%, mientras que al medio ambiente representó pérdidas del 11.3%. Por lo tanto el almacenamiento en condiciones de refrigeración es la que mejor conserva el contenido de ácido ascórbico en el zumo de aguaymanto, por otra parte la refrigeración presentó mayor tiempo de vida útil.

4.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MOHOS Y LEVADURAS EN EL ZUMO DE AGUAYMANTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES REFRIGERACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

En las Tablas 22 y 23 se presentan los resultados del análisis microbiológico en mohos y levaduras durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración y al medio ambiente para el zumo de aguaymanto.

Tabla 22. Resultados de análisis microbiológico en el zumo de aguaymanto durante el almacenamiento en refrigeración (4 ± 1 °C)

Tipo de microorganismo	ufc/mL		
	0	18	35
Mohos	< 10	< 10	< 10
Levaduras	< 10	< 10	< 10

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 23. Resultados de análisis microbiológico en el zumo de aguaymanto durante almacenamiento al medio ambiente ($12 - 18$ °C)

Tipo de microorganismo	ufc/mL		
	0	18	35
Mohos	< 10	< 10	< 10
Levaduras	< 10	< 10	< 10

Fuente: Elaboración propia (2014)

En ambas condiciones de almacenamiento no se observó presencia de mohos y levaduras. La ausencia de microorganismos puede ser atribuido al tratamiento térmico, al manipuleo en el proceso y al tipo de envase en este caso el frasco de vidrio.

Según los límites permisibles establecidos en la norma sanitaria R.M. N°591 – 2008 – SA, aprobado el 27/08/2008 NTS N° 071 “Criterios Microbiológicos de Calidad

Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”, para bebidas no carbonatadas, zumos, néctares y similares. Durante el almacenamiento no se observó presencia de mohos y levaduras. Por lo tanto el zumo de aguaymanto se encuentra en los límites permisibles para el consumo humano.

En las Tablas 24 y 25 se presentan los valores de acidez total y pH durante el almacenamiento.

Tabla 24. Acidez titulable total del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento

Almacenamiento (Días)	% de acidez total		
	0	18	35
Refrigeración (4±1 °C)	1.53 ±0.046	1.54 ±0.030	1.55 ±0.035
Medio ambiente (12 – 18 °C)	1.53 ±0.046	1.55 ±0.035	1.57 ±0.030

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 25. pH del zumo de aguaymanto durante el almacenamiento

Almacenamiento (Días)	pH		
	0	18	35
Refrigeración (4±1 °C)	3.58 ±0,02	3.56 ±0.01	3.54 ±0.01
Medio ambiente (12 – 18 °C)	3.58 ±0,02	3.56 ±0.01	3.53 ±0.03

Fuente: Elaboración propia (2014)

En la Tabla 24 se observa el porcentaje de acidez total en ambas condiciones de almacenamiento, incrementa el valor de la acidez total conforme transcurre el tiempo. Por otra parte en la Tabla 25 se observa en ambas condiciones de almacenamiento, el valor del pH disminuye conforme transcurre el tiempo. Según Ogawa *et al.*, (1990). Debido al bajo pH del zumo de naranja a pH 3.4 el crecimiento de los microorganismos patógenos

se suprime, las levaduras, mohos y las bacterias ácido lácticas son microorganismos responsables de la descomposición del zumo de naranja, por lo tanto no se desarrollaron microorganismos fuera del límite permisible durante el almacenamiento. Por otra parte Taoukis *et al.*, (2001) basándose en los resultados de estos experimentos y los valores reportados literatura, *Lactobacillus plantarum*, que muestran una mayor resistencia a la presión que los otros microorganismos presentes en el jugo, fue elegido como el microorganismo objetivo para el diseño del proceso para lograr un producto microbiológicamente estable.

La acidez es considerada una de las propiedades físico químicas, que afecta tanto a las cualidades organolépticas y mantenimiento de un producto, la disminución de valores de pH y aumento de la acidez total valorable durante el período de almacenamiento en refrigeración y al medio ambiente puede ser debido a la actividad de algunas bacterias productoras de ácido tales como *Alicyclobacillus acidoterrestris*. Estos autores también describen especies *Alicyclobacillus* como bacterias termo acidofílica podrían sobrevivir en zumos de frutas a pH 3.0 (Kang *et al.*, 2003).

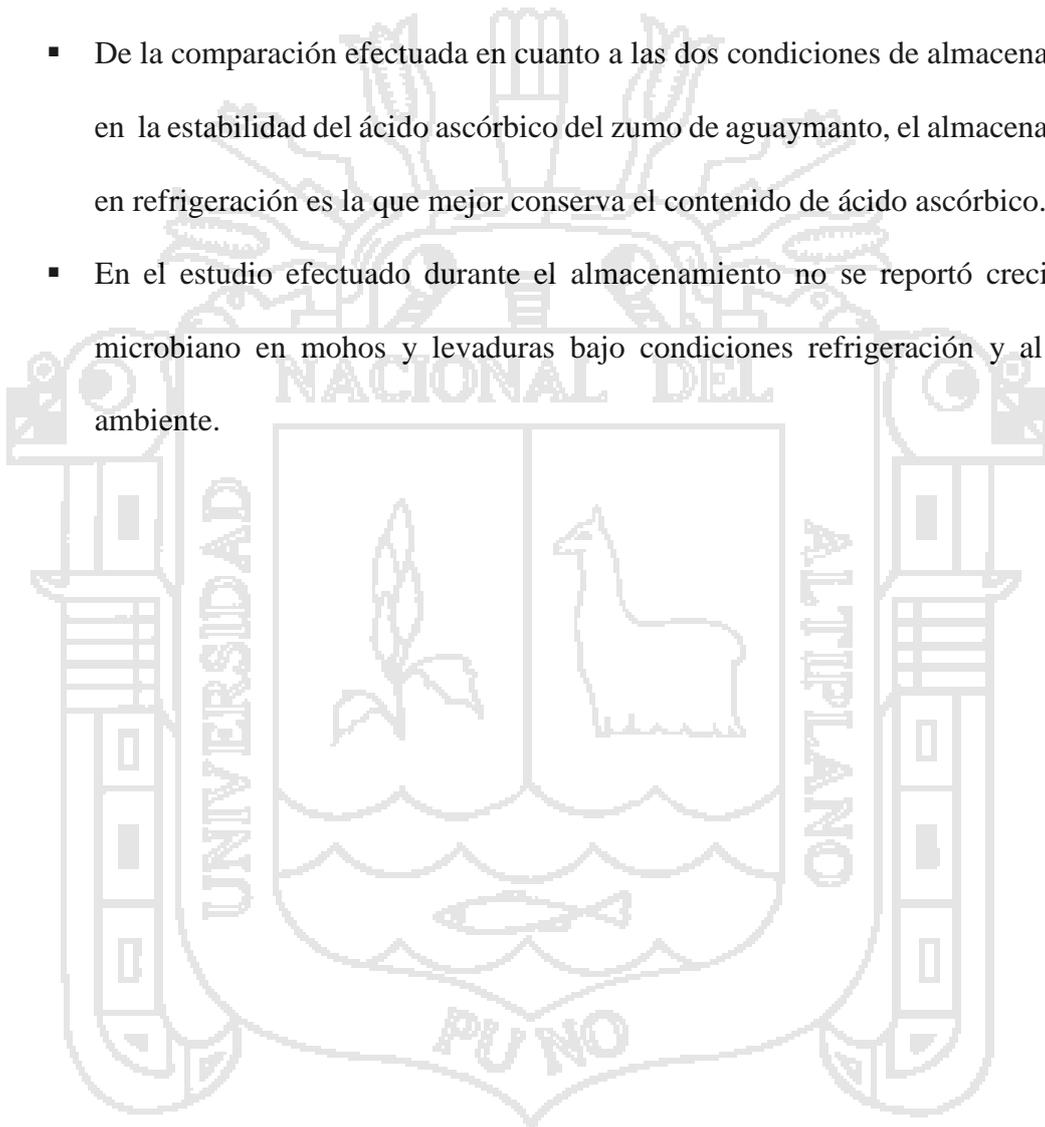
Según Polydera *et al.*, (2003), para el zumo de naranja para un periodo de 40 días no se reportó presencia de hongos, estos valores son similares al obtenido en esta investigación, esto es atribuido a la pasteurización aplicada y al tipo de envase utilizado. Por otra parte Encina (2006), reportó los resultados de evaluación microbiológica realizada en conservas de aguaymanto en almíbar hongos < 10 ufc/gr. Por otro lado Hernández (2011) reporto para el zumo de aguaymanto pasteurizado a 75 °C durante 4 minutos el total de hongos 1×10^1 colonias/gr estos valores son similares a los obtenidos esto es debido a buenas condiciones de manipulación, al adecuado tratamiento térmico aplicado y al tipo de envase utilizado.

Según Peña (2013) reportó el número de colonias de mohos y levaduras que crecieron por un tiempo de 27 días aproximadamente a dos temperaturas, 20 y 30 °C, el tiempo estimado de vida útil para el mejor tratamiento almacenado a una temperatura de 20 °C es de 15 meses y a una temperatura de 30 °C un tiempo de 12 meses para el néctar de aguaymanto. Estos valores son superiores al obtenido esto es debido a las condiciones de almacenamiento. Por otra parte Min *et al.*, (2003) encontró un aumento en los recuentos de bacterias de 1.0×10^2 y 1.0×10^4 ufc/mL en los recuentos de levaduras y mohos en una muestra tratada de zumo de tomate después de 112 días a 4 °C. Argumentaron que el aumento de recuento de bacterias en la muestra podría ser relativamente bajo debido a la inactivación de ascosporas.

En la evaluación microbiológica no se observó crecimiento microbiológico en mohos y levaduras durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración y al medio ambiente, por lo que se considera que el tratamiento térmico aplicado es efectivo para reducir la carga microbiana del producto, el zumo de aguaymanto presentó estabilidad microbiológica.

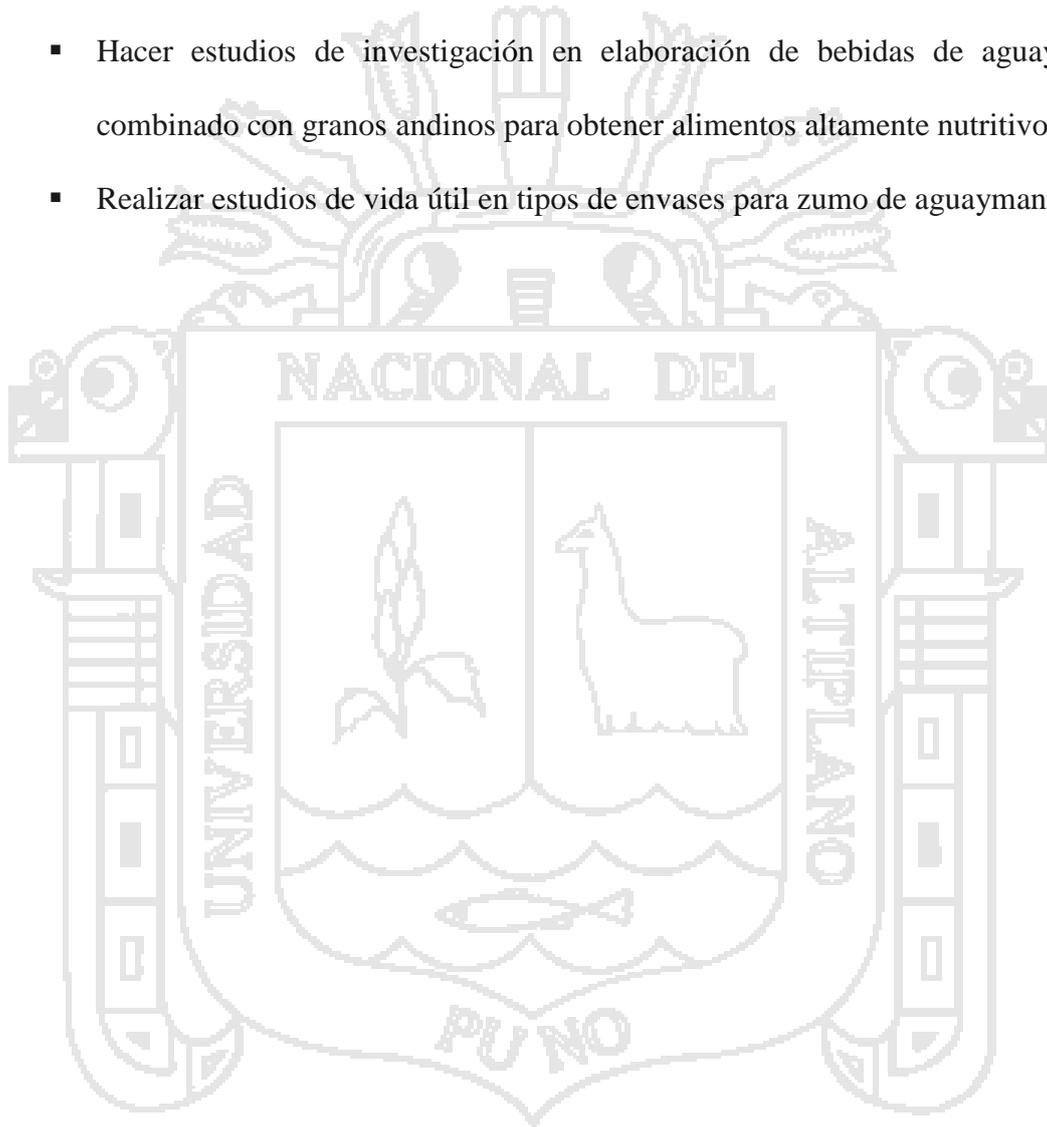
CONCLUSIONES

- Los parámetros de pasteurización afecta significativamente la degradación del ácido ascórbico, obteniéndose el mejor tratamiento para retener el ácido ascórbico fue a 77 °C durante 1 minuto con un contenido de 27.22 mg AA/ 100 mL de zumo de aguaymanto.
- De la comparación efectuada en cuanto a las dos condiciones de almacenamiento en la estabilidad del ácido ascórbico del zumo de aguaymanto, el almacenamiento en refrigeración es la que mejor conserva el contenido de ácido ascórbico.
- En el estudio efectuado durante el almacenamiento no se reportó crecimiento microbiano en mohos y levaduras bajo condiciones refrigeración y al medio ambiente.



RECOMENDACIONES

- Realizar la cinética de degradación para el zumo de aguaymanto en el tratamiento térmico y durante el almacenamiento.
- Realizar análisis de capacidad antioxidante y carotenoides en zumo de aguaymanto.
- Hacer estudios de investigación en elaboración de bebidas de aguaymanto combinado con granos andinos para obtener alimentos altamente nutritivos.
- Realizar estudios de vida útil en tipos de envases para zumo de aguaymanto.



BIBLIOGRAFÍA

- Ancos, B., Sgroppo, S., Plaza, L., Cano, M. (2002). Possible nutritional and health-related value promotion in orange juice preserved by high pressure treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 790 – 796.
- AOAC, (1995). Oficial Methods of Análisis (16 th Ed). Asociación of Oficial an Analytical Chemist. Washington Va, U.S.A.
- Ayhan, Z., Streaker, C. B., Zhang, Q. H. (2000). Design construction and validation of a sanitary glove box packaging system for product shelf life studies. *Journal of Food Processing and Preservation*, 25, 183 – 196.
- Azeredo, H. M., Faria J. A., Brito, E. S. (2004). Embalajes e estabilidad de alimentos. Fundamentos de Estabilidad de Alimentos. Fortaleza: *Embrapa Agroindustria Tropical*.
- Badui, D. (1984). Química de los Alimentos. (2da ed.). Editorial Alhambra Mexicana S.A. México.
- Barret, D. M., Lund, D. B. (1989). Effect of oxygen on thermal-degradation of 5-methyl 5, 6, 7, 8-tetrahydrofolic acid. *Journal of Food Science*, 54,146 -149.
- Belitz, M., Grosh, W. (1999). Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Bello, J. (2000). Ciencia Bromatológica principios generales de los alimentos. Editorial Díaz de Santos S. A.

- Briones, V., Giovagnoli, C., Figueroa, P., Quispe, I., Pérez, M. (2013). Extraction of β -Carotene, Vitamin C and Antioxidant Compounds from *Physalis peruviana* (Cape gooseberry) Assisted by High Hydrostatic Pressure. *Food and Nutrition Sciences*, (4), 109 – 118.
- Briseño, L. (s.f.). Determinación del ácido ascórbico por titulación visual con 2,6 diclorofenolindofenol. Guía de práctica. Lima – Perú.
- Cano, M. P., Plaza, L., Sánchez, C., Ancos, B. (2003). Elaboración y conservación de zumos de naranja. Efecto de nuevas tecnologías sobre su calidad sensorial y nutricional. *Alimentación Nutrición y Salud*, 10 (4), 108 – 119.
- Casp, A. y Abril, J. (2003). Procesos de conservación de alimentos. Editorial Mundi Prensa. Madrid. España.
- Choi, M. H., Kim, G. H., Lee, H. S. (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International*, 35, 753-759.
- Codex Alimentarius (2005). Norma general del Codex para zumos y néctares de frutas. Consultado el 25 de octubre del 2013 en: http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/10154/CXS_247s.pdf
- Diario oficial El Peruano (2008). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, Perú: Diario el peruano.
- Encina, C. (2006). Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

para la mayor retención del ácido ascórbico. Tesis de post grado. Universidad Nacional Agraria la Molina Lima, Perú.

Encina, C., Ureña, M., (2007). Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) en almíbar aplicando el método Taguchi. *Anales científicos*. 68 (3), 32 – 38.

Esteve, M. J., Farré, R., Frígola, A. (1995). Stability of ascorbic acid in orange juices after initial use at home begins. *Journal of Food Quality*, 19, 243 – 249.

Fellows, P. (2007). Tecnología del procesado de alimentos. (2da ed.). Editorial Acribia S.A. España.

Fennema, O. (2008). Química de los Alimentos (4ta ed.). Editorial Acribia S.A. España.

Ferrer, M. (1986). Determinación de la vida comercial de un alimento deshidratado. *Alimentaria*, 43-48.

Fisher, G., Miranda, D., Piedraita, W., Romero, J. (2005). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Editorial Universitaria. Colombia.

García, F., Alonso, J. (2005). Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. España.

Halliwell, B., Murcia, M. A., Chirico, S., Aruoma, O. I., (1995). Free radicals and antioxidants in food and in vivo. What they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35, 7 – 20.

- Hernández, C. (2013). Desarrollo de productos tratados por procesos térmicos y no térmicos a partir del fruto *Physalis peruviana* Linnaeus. Tesis de grado. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Hussein, A., Odumeru, J. A., Ayanbadejo, T., Faulkner H., McNab W. B., Szijarto L. (2000). Effects of processing and packaging on vitamin C and β -carotene content of ready-to-use vegetables. *Food Research International*, 33, 131-136.
- Ibáñez, V. (2009). Análisis y Diseño de Experimentos. Editorial Universitaria. Puno.
- ICMSF. (2000). Microorganismos de los alimentos, su significado y métodos de numeración. (2da ed.). Editorial Acribia. Zaragoza España.
- ICONTEC (1999). Frutas frescas Uchuva Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Bogotá. Colombia.
- Kang, D. H., Dougherty, R. H. Swanson, B. (2003). Controlling *Alicyclobacillus acidoterrestris* in fruit juices by high pressure and high temperature. *Nutrition. Rep. Food Science. Hum. Nutr. Dep.* 1, 1 – 10.
- Kirk, R., Sawyer, E. G. (1996). Composición y análisis de alimentos de Pearson (2da ed.). Editorial Continental S.A. México.
- Labuza, T. P. (1982). Shelf life dating of foods. Ed. Food and Nutrition Press, EE.UU.
- Lee, H. S., Coates G. A. (2003), Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 36, 153-156.
- Lesková, E., Kubíková, J., Kováčiková, E., Kosická, M., Porubská, J., Holčíková, K. (2006). Vitamin losses retention during heat treatment and continual changes

expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 252 – 276.

Lewis, M., Heppell, N. (2000). *Pasteurization Continuous: Thermal Processing of Foods Pasteurization and UHT Sterilization*. Aspen Publishers. Inc. EUA.

López, Y., Vega, A., Torres, M. J., Lemus, R., Quispe, I. (2013). Effect of dehydration temperature on physico-chemical properties and antioxidant capacity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 73 (3). 293 – 301.

Min, S. and Zhang, Q.H. (2003). Effects of comercial scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. *Journal of Food Science*, 68, 1600 – 1606.

MINAGRI, (2014). Ficha técnica del aguaymanto (en línea). Consultado el 20 de setiembre del 2014, en: <http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/AGUAYMANTO.pdf>

Mohamed, R., Amal, S., Zorița, D., Bele, C. (2014). Effect of Pasteurization and Shelf Life on the Physicochemical Properties of Physalis (*Physalis peruviana* L.) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1(1) 1 – 11.

Mondy, N., Leja, M. (1986). Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *Journal Food Science*, (51, 355). USA.

Morín, Ch., Salas, F., y San Martín, A. (1985). *El cultivo de los cítricos*. Departamento de Horticultura. UNALM. Lima Perú.

- Muller, G., (1981). *Microbiología de los Alimentos Vegetales*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Naidu, K. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery An overview. *Nutrition Journal*, 2(1), 1–10.
- Nienaber, U., Shellhammer, T.H. (2001). High-Pressure Processing of Orange Juice: Combination Treatments and a Shelf Life Study. *Journal of Food Science*, 66 (2), 332 – 336.
- Ogawa, H., Fukuhisa, K., Kubo, Y., Fukumoto, H. (1990). Pressure inactivation of yeasts, molds, and pectinesterase in Satsuma mandarin juice: effects of juice concentration, pH, and organic acids, and comparison with heat sanitation. *Agricultural and Biological Chemistry*, 54 (5), 1219 – 1225.
- Peña, J. A., (2013). Elaboración de un jugo de adecuadas características nutricionales y sensoriales a base de: uvilla (*Physalis peruviana*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y zanahoria (*Daucus carota*). Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Phillips, K. M., Tarrago, M. T., Gebhardt, S. E., Exler, J., Patterson, K. Y., Haytowitz, D. B., Pehrsson, P. R., Holden, J. M. (2010). Stability of Vitamin C in Frozen Raw Fruit and Vegetable Homogenates. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 253-259.
- Polydera, A. C., Stoforos, N. G., Taoukis, P. S., (2003). Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurised and high pressure processed reconstituted orange juice. *Journal of Food Engineering*, 60, 21 – 29.

- Puente, L., Pinto, C., Castro, E., Cortez, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit. *Food Research International*, 44 (2011) 1733–1740.
- Rodrigo, M., Lorenzo P., Safón J. (1980). Optimización de las Técnicas de Esterilización de Alimentos por Calor I, Planteamientos generales. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 20(2), 149-160.
- Schreiber F. (2014). Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de valles andinos. Consultado el 25 de julio del 2014, en: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/ESTUDIO_DE_FACTIBILIDAD_INVERSION_Aguayamanto.pdf
- SIERRA EXPORTADORA (2014). Ficha comercial del aguaymanto. Consultado el 10 de noviembre del 2014, en: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/productos/catalogo-de-productos/aguaymanto/>
- Simpson, R. (2008). *Engineering aspects of thermal food processing*. Editorial Taylor and Francis Group. Dublín, Irlanda.
- Singh, R. P. (1994). *Shelf life evaluation of foods*. London.
- Taoukis, P. S., Panagiotidis, P., Stoforos, N. G., Butz, P., Fister, H., Tauscher, B. (2001). Kinetics of vitamin C degradation under high pressure-moderate temperature processing in model systems and fruit juices. *High pressure food science, bioscience and chemistry*, (1) 311 – 316.

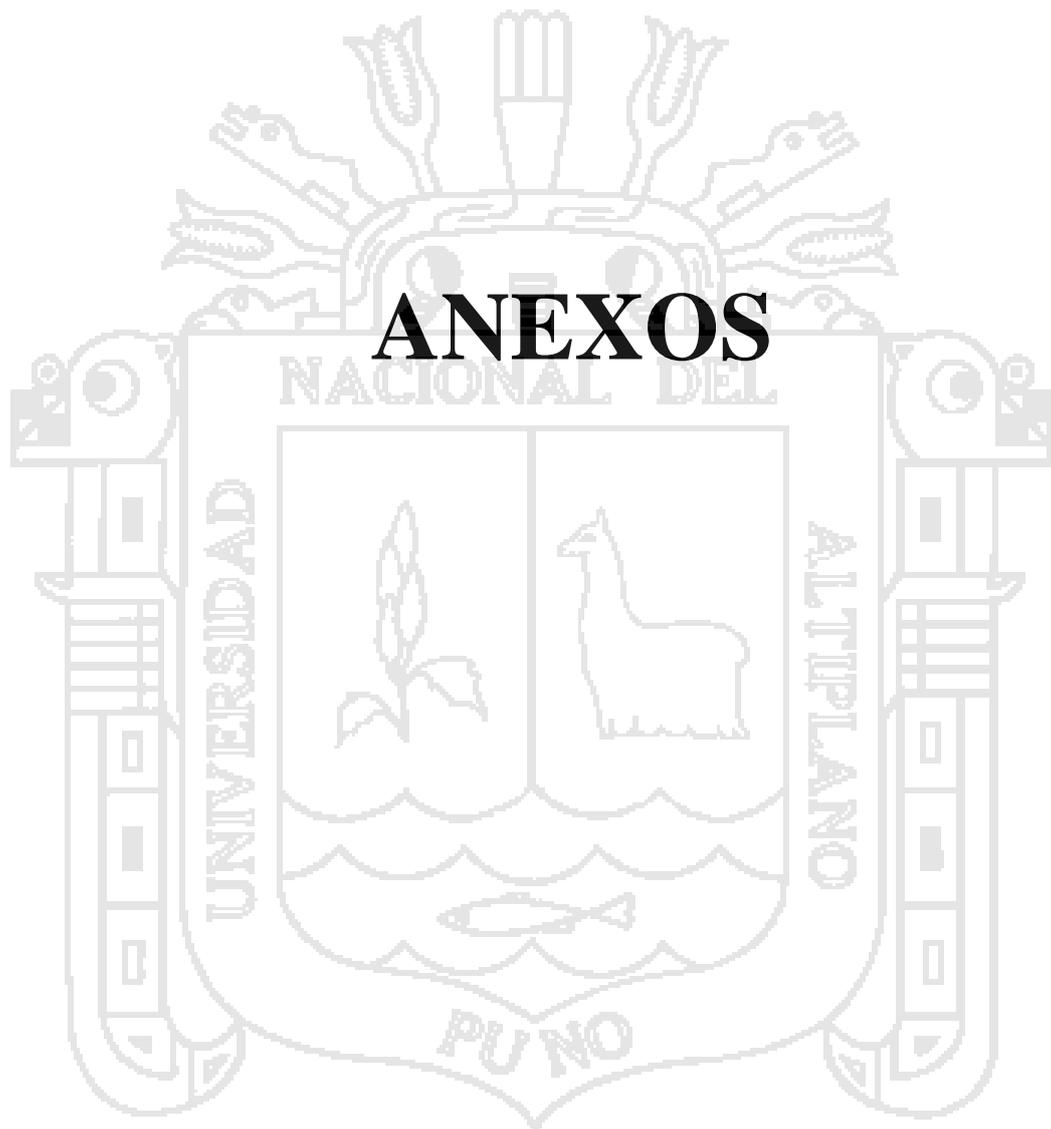
Terán, R. (2012). Manual técnico para el manejo agronómico del aguaymanto orgánico. Cajamarca, Peru, CEDEPAS Norte.

Thompkinson, D. K., Kharb, S. (2007). Aspects of infant food formulation: Comprehensive Reviews. *Food Science and Safety*. 6, 79 – 102.

Torregrosa, F., (2006). Determinación de Vitamina C y Carotenoides en Zumos de Frutas y Hortalizas Frescos, Tratados por Calor o por Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad (PEAI). Tesis de doctorado. Universidad de Valencia. España.

Vaclavik, V. A. (1998). Essentials of Food Science. Editorial Chapman y Hall.

Yeom, H. W., Streaker, C. B., Zhang, Q. H., Min, D. B., (2000). Effects of pulsed electric fields on the activities of microorganisms and pectin methyl esterase in orange juice. *Journal of Food Science*, 65, 1359-1363.



Anexo 1. Norma técnica colombiana NTC 4580

Producto: aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), para consumo fresco o destinadas al proceso industrial.

El grado de desarrollo y el estado del aguaymanto debe permitir el transporte manipulación de manera que llegue satisfactoriamente al lugar de destino.

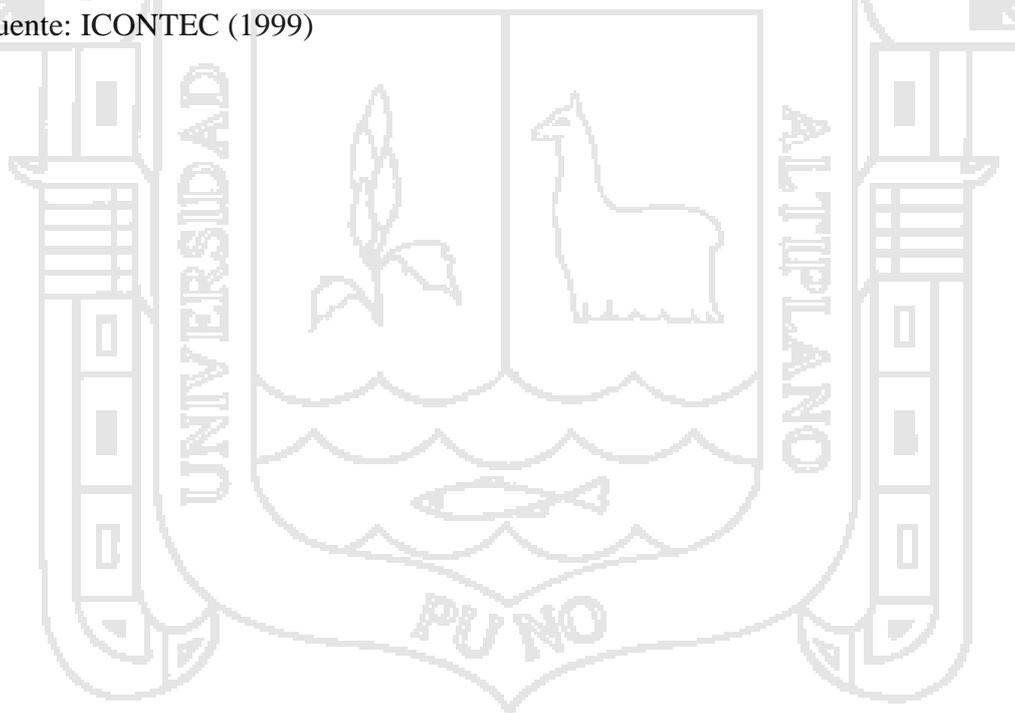
Características mínimas:

- Enteras, con la forma característica de la variedad.
- De aspecto fresco y consistencia firme, con la superficie lisa y brillante.
- Sanos, libres de ataque de insectos o enfermedades.
- Limpios, exento de olores, sabores y materias extrañas visibles.
- Prácticamente libre de humedad exterior anormal producto de manejo de poscosecha.
- La longitud del pedúnculo no debe ser superior a 25 mm.
- El color del fruto debe ser homogéneo de acuerdo con el estado de madurez.
- Con o sin capacho.
- Para la exportación el aguaymanto se presenta en empaques individuales de 250 a 450 g con dimensiones de 40 x 30 cm ó 50 x 30 cm o submúltiplo de 12 x 80 cm.
- Los envases deberán brindar suficiente protección al producto, de manera que garantice su manipulación, transporte y conservación del aguaymanto.
- El contenido del envase debe estar homogéneo y estar constituido por aguaymanto del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre.
- Los materiales utilizados deben ser nuevos, limpios y no ocasionar ningún tipo de alteración al producto.

Características del aguaymanto en diferentes estados de madurez:

Estado de madurez	Aspecto externo del fruto	°Brix mínimo	% de ácido cítrico máximo	Índice de madurez °Brix / %ácido
0	Fisiológicamente desarrollado	9.4	2.69	3.5
1	Color verde un poco más claro	11.4	2.70	4.2
2	Color verde se manifiesta en las zonas cercanas al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas.	13.2	2.56	5.2
3	Color anaranjado claro con vistos verdes hacia la zona del cáliz.	14.1	2.34	6.0
4	Color anaranjado claro	14.5	2.03	7.1
5	Color anaranjado	14.8	1.83	8.1
6	Color anaranjado intenso	15.1	1.68	9.0

Fuente: ICONTEC (1999)



Anexo 2. Resultados para el efecto pasteurización en el contenido de ácido ascórbico

TRATAMIENTOS	REPETICIONES (mg AA/100mL de zumo)
F1 = 65°C a 30min	22.55
	23.58
	23.23
F2 = 77°C a 1min	26.99
	26.65
	28.02
F3 = 88°C a 15seg	25.97
	26.31
	25.28

Anexo 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de tratamientos pasteurización

F. de V.	SC	GL.	CM	FC	Signif.
Tratamientos	26.1489	2	13.0744	37.05	**
Error experimental	2.11727	6	0.352878		
Total	28.2662	8			

Anexo 4. Resultados del contenido de ácido ascórbico para el efecto tiempo y temperatura durante el almacenamiento

TRATAMIENTOS		REPETICIONES (mg AA/100 mL de zumo)		
Temperatura	Tiempo (días)	R1	R2	R3
refrigeración (4±1 °C)	T 1 = 0	26.99	26.65	28.02
	T2 = 7	26.31	25.97	26.31
	T3 = 14	25.63	25.97	25.97
	T4 = 21	25.63	25.28	25.28
	T5 = 28	24.94	25.63	25.28
	T6 = 35	24.95	24.95	25.28
Medio ambiente (12 – 18 °C)	T 1 = 0	26.99	26.65	28.02
	T2 = 7	25.97	26.31	25.63
	T3 = 14	24.94	24.94	25.28
	T4 = 21	24.94	24.60	24.60
	T5 = 28	24.60	24.60	24.26
	T6 = 35	24.26	24.26	23.92

Anexo 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto tiempo y temperatura de almacenamiento

F. de V.	SC	GL.	CM	FC	Significancia
Temperatura(A)	3.43408	1	3.43408	61.34	*
Tiempo(B)	7.82415	4	1.95604	34.94	*
AxB	0.4075	4	0.101875	1.82	ns
Error Experimental	1.11973	20	0.0559867		
Total	12.7855	29			

Anexo 6. Resultados de análisis microbiológico durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración y medio ambiente

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
 Laboratorio de Microbiología

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 01-001/15

- I. **Datos de solicitante**
 Nombre y Apellidos : RENE CRISTIAN CHIPANA CHOQUE
 DNI : 42164433
 Dirección : Jr. Coronel Ponce # 158 - Puno
- II. **Datos del servicio**
 Nº de Solicitud del Servicio : 01-001/RCCH
 Fecha de ingreso : 23 de Setiembre del 2014
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. **Nombre del producto** : Zumo de Aguaymanto
- IV. **Datos de la muestra**
 Presentación : Frasco de vidrio de 60 mL
 Tipo de sistema : 1/Frasco
 Fecha de producción : N/P
 Fecha de vencimiento :
 Tamaño de lote :
- V. **Aspectos técnicos del muestreo**
 Muestreado por : El solicitante
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio
 Detalle de la muestra : Zumo de Aguaymanto
 Nº de unidades de la muestra : Doce (12) muestra de 60 mL
 Identificación de la muestra : M1-M12
 Para ensayo en Laboratorio : 01-001/15
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. **Fecha de ensayo** : **Setiembre 2014**
- VII. **Resultados**

DETALLE DE LA MUESTRA

CODIGO	PRODUCTO
ZA	Zumo de aguaymanto

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

REQUISITOS	VALOR OBTENIDO					
	M1-0 días	M2-18 días	M3-35 días	M4-0 días	M5-18 días	M6-35 días
Mohos (ufc/g)	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Levaduras (ufc/g)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Puno, 06 de Enero de 2015



[Signature]
 Dr. Alejandro Coloma Paxi
 Jefe de Laboratorio de Microbiología

Anexo 7. Fotografías de proceso de elaboración del zumo de aguaymanto, determinación del ácido ascórbico y análisis microbiológico

Imagen 1. Recepción de la materia prima



Imagen 2. Lavado y desinfectado



Imagen 3. Extracción de zumo



Imagen 4. Tratamientos de pasteurización



Imagen 5. Almacenamiento del zumo de aguaymanto

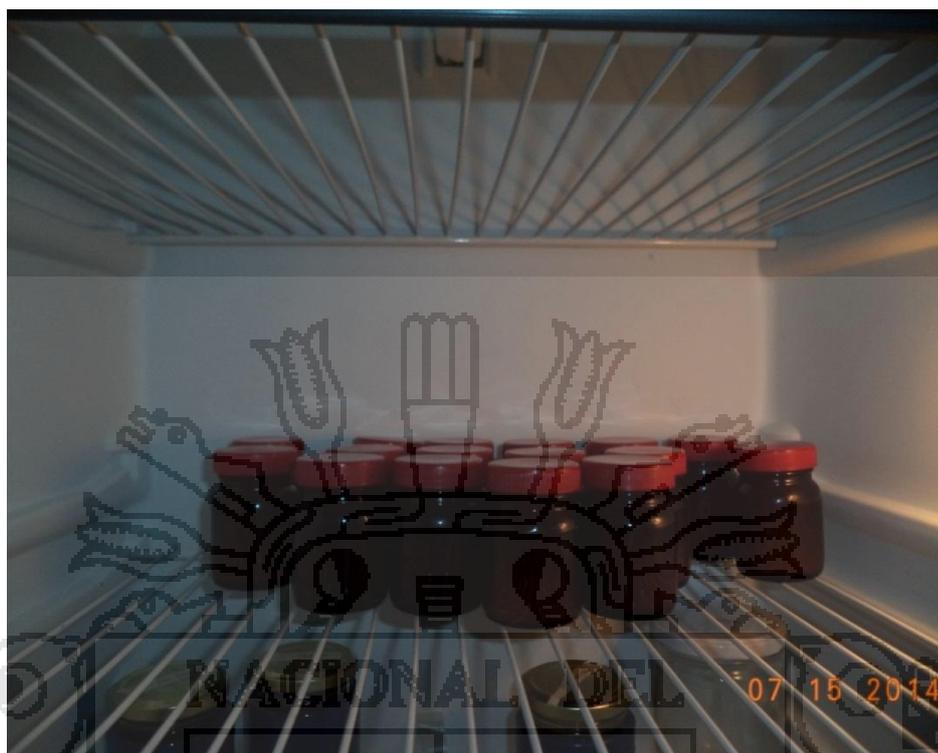


Imagen 6. Caracterización y pesado del fruto de aguaymanto



Imagen 7. Reactivo 2.6 - diclorofenolindofenol



Imagen 8. Titulación visual del ácido ascórbico



Imagen 9. Análisis microbiológicos



Imagen 10. Recuento de colonias en mohos y levaduras

