



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE
ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE
POLIFENOLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO DE LA
PITAHAYA AMARILLA *Selenicereus megalanthus***

Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroindustrial

AUTOR: Jami Campues María Fernanda

Director: Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera, MSc.

Ibarra- Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente Información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 172447178-2
APELLIDOS Y NOMBRES: Jami Campues María Fernanda
DIRECCIÓN: Av. 17 de Julio- El Olivo
EMAIL: mfjamic@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL: 0984007619

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO: “Evaluación del método de conservación de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus*”
AUTOR: Jami Campues María Fernanda
FECHA: 11 de agosto del 2020
PROGRAMA: X PREGRADO POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA: Ingeniera Agroindustrial
DIRECTOR: Ing. Nicolás Pinto, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de agosto del 2020.

Autor


.....

Jami Campues María Fernanda

C.C. 172447178-2

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Jami Campues María Fernanda, con cédula de ciudadanía N° 172447178-2 bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'N. Pinto', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del norte en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de agosto del 2020

Autor



.....
Jami Campues María Fernanda

C.C. 172447178-2

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud a la Universidad Técnica del Norte que en sus aulas mis profesores me pusieron impartir sus valiosos conocimientos, su calidad pedagógica, consejos y experiencias en diversas áreas de estudio, lo cual ha enriquecido mi formación a lo largo de esta etapa.

De manera especial a mi director Ingeniero Nicolás Pinto, por su tiempo y ser guía para llevar a cabo mi trabajo de titulación. De igual manera mi reconocimiento al Ingeniero Juan Carlos De la Vega e Ingeniero Holguer Pineda, quienes supieron asesorar y direccionar mi investigación mediante sus conocimientos técnicos.

Dejo constancia, mi total agradecimiento al equipo de Atmósferas Controladas (AC) por ser participe del desarrollo del presente proyecto investigativo. Desde luego, al Ingeniero Juan Carlos De la Vega director del proyecto; por el apoyo, la coordinación y la buena gestión de toda la información necesaria.

A mis compañeros y amigos, estén donde estén y sin excepción se merecen muchas y buenas palabras, ya que con ellos he compartido varias experiencias inolvidables dentro y fuera de las aulas. Así como también en los laboratorios e incontables horas de trabajo y buenos ratos, lo cual no tiene precio. Por el tiempo que me han dado, por las conversaciones científicas de las que tanto provecho he sacado por el respaldo y la amistad. Gracias.

María Fernanda

DEDICATORIA

A Dios, porque siempre ilumina mi camino y es mi fuente de fortaleza e inspiración para esforzarme cada día.

A mis padres José Jami y Lucrecia Campues quienes son el eje fundamental de mi existir y gracias por ser el apoyo incondicional durante todo el proceso de mi formación.

A mis hermanos: Anita, Esthela y Javier, todo esto nunca hubiera sido posible sin el apoyo que me otorgaron. Que a pesar de las distancias siempre estuvieron pendientes. Mi aprecio y reconocimiento hacia ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS	3
1.4.1. HIPÓTESIS NULA. -	3
1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA. -	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. PITAHAYA AMARILLA <i>Selenicereus megalanthus</i>	5
2.1.1. GENERALIDADES	5
2.1.2. ORIGEN.....	6
2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
2.1.4. TAXONOMÍA	6
2.1.5. COMPOSICIÓN	7
2.2. SITUACIÓN DE LA PITAHAYA EN EL ECUADOR.....	8

2.2.1. PRINCIPALES PRODUCTOS ELABORADOS DE PITAHAYA AMARILLA.....	8
2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES FUNCIONALES	9
2.3.1. VITAMINA C Ó ÁCIDO ASCÓRBICO (AA).....	9
2.3.2. POLIFENOLES TOTALES.....	11
2.3.3. ESTUDIOS REALIZADOS DE COMPONENTES BIOACTIVOS CON INTERÉS FUNCIONAL A PARTIR DE LA PITAHAYA AMARILLA.....	13
2.4. MANEJO POSCOSECHA.....	14
2.4.1. FACTORES FISIOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO	14
2.4.2. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO	16
2.5. ATMÓSFERAS CONTROLADAS.....	17
2.5.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).....	17
2.5.2. OXÍGENO (O ₂).....	18
2.5.3. ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS (AC).....	19
2.6. VALIDACIÓN DEL MÉTODO.....	19
2.6.1. LINEALIDAD	20
2.6.2. EXACTITUD.....	20
2.6.3. PRECISIÓN	21
2.6.4. ECUACIÓN DE HORWITZ	21
CAPÍTULO III.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	23

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	24
3.3. MÉTODOS	25
3.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO- QUÍMICAS Y ORGANOLÉTICAS DE LA PITAHAYA AMARILLA	25
3.3.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y POLIFENOLES DE LA PITAHAYA AMARILLA.....	25
3.4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.4.1. FACTORES EN ESTUDIO.....	28
3.4.2. TRATAMIENTOS.....	28
3.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	29
3.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	29
3.4.5. UNIDAD EXPERIMENTAL	29
3.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
3.4.7. VARIABLES DE RESPUESTA	30
3.5. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	30
3.5.1. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS DE LA PITAHAYA AMARILLA	31
3.5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS DE LA PITAHAYA	32
CAPÍTULO IV.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA PITAHAYA PREVIO Y AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO.....	36
4.1.1. ANÁLISIS FÍSICOS.....	36
4.1.2. ANÁLISIS QUÍMICOS.....	40

4.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DE LA FRUTA DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS	42
4.2.1. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL OXÍGENO EN AC.....	42
4.2.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN AC.....	45
4.3. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURAS DE REFRIGERACIÓN.....	48
4.3.1. INFLUENCIA DE LAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES	48
4.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DEL ÁCIDO ASCÓRBICO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS	52
CAPÍTULO V	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. CONCLUSIONES	56
5.2. RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	65
Anexo 1. Descripción de métodos analíticos	65
Anexo 2. Determinación de la tasa de respiración.....	76
Anexo 3. Norma Técnica Colombiana.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la pitahaya amarilla	7
Tabla 2 Composición nutricional y funcional de la pitahaya amarilla.....	7
Tabla 3 Clasificación de los polifenoles y ejemplos	12
Tabla 4 Tabla de color de la pitahaya	16
Tabla 5 Mezcla de gases recomendados para el envasado de diferentes productos	18
Tabla 6 CV de Horwitz para diferentes concentraciones.....	22
Tabla 7 Localización del experimento	23
Tabla 8 Materiales y equipos para el desarrollo de la fase experimental.....	24
Tabla 9 Variables y métodos utilizados utilizados para el análisis físico químicos y organolépticos de la pitahaya amarilla.....	25
Tabla 10 Factores en estudio.....	28
Tabla 11 Descripción de tratamientos e estudio	28
Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA).....	29
Tabla 13 Variables de respuesta.....	30
Tabla 14 Análisis físicos de la pitahaya amarilla.....	37
Tabla 15 Escala de CIE L,C,H de la pitahaya.....	38
Tabla 16 Análisis químicos de la pitahaya.....	40
Tabla 17 Análisis de varianza de la variable del Oxígeno	44
Tabla 18 Prueba de Tukey para los tratamientos del oxígeno.....	44
Tabla 19 Prueba de Kruskal Wallis para el CO ₂	46
Tabla 20 Prueba de rangos para la producción de CO ₂	47
Tabla 21 Análisis de varianza de los polifenoles totales en AC	50
Tabla 22 Prueba de Tukey de Polifenoles.....	51

Tabla 23 Prueba DMS para el Factor B	51
Tabla 24 Análisis de varianza de Ácido Ascórbico en AC	53
Tabla 25 Prueba de Tukey para el contenido Ácido Ascórbico en AC.....	54
Tabla 26 DMS para el Fcator A	55
Tabla 27 DMS para el Factor B	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de la pitahaya	5
Figura 2 Ácido ascórbico (Vitamina C).....	10
Figura 3 Degradación del Ácido Ascórbico.....	11
Figura 4 Compuestos bioactivos en las diferentes partes de la pitahaya amarilla: A Polifenoles totales,B Vitamina C	14
Figura 5 Curva de enfriamiento de los productos hortofrutícolas	16
Figura 6 Trompeta de Horwitz.....	22
Figura 7 Flujo del proceso de desarrollo del experimento.....	31
Figura 8 Recepción de la pitahaya	32
Figura 9 Lavado de la fruta	32
Figura 10 Secado de la fruta	33
Figura 11 Selección de la fruta	33
Figura 12 Pesado de la pitahaya.....	34
Figura 13 Envasado de la pitahaya en Atmósferas controladas.....	34
Figura 14 Almacenamiento de la fruta en atmósferas controladas	35
Figura 15 Escalas de color de la pitahaya durante el almacenamiento en AC.....	39
Figura 16 Cinética de respiración del oxígeno de la pitahaya en atmósferas controladas; A(8°C), B(5°C).....	43
Figura 17 Cinética de respiración del CO ₂ en AC; A(8°C), B(5°C).....	46
Figura 18 Contenido de polifenoles en atmósferas controladas; A(8°C), B(5°C)	48
Figura 19 Cinéticas del comportamiento del Ácido Ascórbico en AC; A(8°C), B(5°C)	53
Figura 20 Determinación del peso	65
Figura 21 Determinación del pH.....	65

Figura 22 Determinación de la acidez titulable	66
Figura 23 Determinación de Sólidos Solubles	67
Figura 24 Determinación del Color	67
Figura 25 Determinación de la textura.....	68
Figura 26 Preparación del Extracto para determinar polifenoles totales	69
Figura 27 Diagrama para la cuantificación de polifenoles totales	71
Figura 28 Derterminación de Polifenoles Totales.....	73
Figura 29 Determinación del Ácido Ascórbico	75
Figura 30 Medición de la tasa de respiración	76

RESUMEN

La pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* es una fruta exótica tropical del Ecuador que contiene importantes compuestos bioactivos como polifenoles totales y ácido ascórbico, los cuales confieren actividad antioxidante a la fruta y en consecuencia proporcionan beneficios para la salud, por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el método de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la fruta. Se planteó como factores de estudio dos temperaturas (5° y 8°C) y dos concentraciones de gases (3%O₂, 17%CO₂, 80%N₂ y 5%O₂, 15%CO₂ y 80%N₂), más dos testigos valorados con las mismas temperaturas y concentraciones de gases normales del ambiente, por un tiempo determinado de 20 días. Las variables evaluadas previo y al final del almacenamiento fueron: Sólidos Solubles (SST), Acidez Titulable (ATT), color, peso, textura y pH mediante métodos estandarizados. Para polifenoles totales y ácido ascórbico, se empleó el método de Folin Ciocalteu y AOAC 967.21 respectivamente. Los resultados indicaron que la fruta que presentó menores pérdidas de degradación durante el almacenamiento, fue en condiciones de 5°C y con 5%O₂, 15%CO₂ y 80%N₂, lo cual ha permitido el retraso de su deterioro y de esta manera conserve sus características físico-químicas y funcionales por un tiempo más prolongado.

ABSTRACT

The yellow pitahaya *Selenicereus megalanthus* is an exotic tropical fruit from Ecuador that contains important bioactive compounds such as total polyphenols and ascorbic acid, which confer antioxidant activity to the fruit and consequently provide health benefits, therefore, the objective of this research was To evaluate the method of controlled atmospheres on the content of total polyphenols and ascorbic acid of the fruit. Two temperatures (5 ° and 8 ° C) and two gas concentrations (3% O₂, 17% CO₂, 80% N₂ and 5% O₂, 15% CO₂ and 80% N₂), plus two controls were considered as study factors. valued at the same temperatures and concentrations of normal ambient gases, for a specified time of 20 days. The variables evaluated before and at the end of storage were: Soluble Solids (SST), Titratable Acidity (ATT), color, weight, texture and pH using standardized methods. For total polyphenols and ascorbic acid, the method of Folin Ciocalteu and AOAC 967.21 respectively was used. The results indicated that the fruit that presented less loss of degradation during storage, was in conditions of 5 ° C and with 5% O₂, 15% CO₂ and 80% N₂, which has allowed the delay of its deterioration and thus keep its physical-chemical and functional characteristics for a longer time.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

La pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* es considerada como una fruta exótica, con un alto valor comercial (Asensi & Munné, 2010). Posee importantes cantidades de compuestos bioactivos como vitamina C y polifenoles en diferentes concentraciones (Torres, Melo, Torres, Serna & Sanín, 2017). No obstante, esta fruta posee un proceso acelerado de maduración, motivo por el cual, es perecible, y tiende a sufrir un proceso de deterioro debido a los cambios fisiológicos que ocurren en la poscosecha, lo que ocasiona alteración y disminución de sus propiedades funcionales, como también afectan la calidad visual y organoléptica (Bolaños & Calero, 2015). Además, existen factores ambientales como las elevadas temperaturas y gases circundantes, los cuales tienen una gran influencia degenerativa del estado de la fruta, razón por la cual, delimitan el tiempo de vida útil (Porojnia, 2016). Cabe recalcar, el inadecuado manejo poscosecha de productos hortofrutícolas causa pérdidas de hasta 20% en países desarrollados y superiores al 30% en países en vías de desarrollo (Gustavsson, Cederberg & Sonesson, 2012).

En consecuencia, se hallan escasas investigaciones en el país del efecto de atmósferas controladas sobre las propiedades de la pitahaya amarilla, que aporten con técnicas o alternativas adecuadas en el manejo de poscosecha durante su almacenamiento. Por lo que se requiere comprobar concentraciones de oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y temperaturas. Los cuales reduzcan el proceso de respiración de la fruta y finalmente facilite la conservación de sus propiedades funcionales y nutricionales por un tiempo más prolongado.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* es una fruta exótica tropical rentable que actualmente cuenta con 1875 Ha de producción a nivel nacional por parte de 600 pequeños, medianos y grandes productores. Aunque, en el año 2017 el precio implícito de exportación experimento una caída del 18% con respecto al año anterior (MAG, 2018), aproximadamente el 70% de la producción está destinada al mercado internacional. Sin embargo, esta fruta contiene importantes compuestos bioactivos como el ácido ascórbico con una concentración de 5,7 g/100g fruta y 1950mg EAG/ 1000g de materia seca (polifenoles solubles totales), los cuales confieren actividad antioxidante a la fruta y en efecto proporciona beneficios para la salud Serrano, Díaz & Valero (2011). Previene enfermedades cardiovasculares, degenerativas (infartos, cáncer, diabetes, entre otras) y actúa como laxantes en los seres humanos (Wang, Melnyk, Tsao & Marcone, 2011).

Dada su importancia económica y nutricional, a través de esta investigación se pretende contribuir con la información y generar un aporte en el manejo adecuado de poscosecha de la pitahaya amarilla, mediante la aplicación de atmósferas controladas. Lo cual, es un método de conservación que consiste en modificar la composición gaseosa de la atmósfera donde se encuentra el producto, en una cámara frigorífica con un control de regulación de las variables físicas del ambiente. Por lo tanto, consiste en establecer una atmósfera empobrecida en oxígeno (O₂) y enriquecida en dióxido de carbono (CO₂) Pinto, De la Vega & Cañarejo (2016), con el objetivo de reducir el proceso de respiración del alimento. Montoya (2005), menciona que la atmósfera controlada es una excelente garantía que permite alargar la vida útil de frutas y hortalizas sin alterar sus características nutricionales y

funcionales. Cabe resaltar, que no existe un rango único de concentraciones de gases para todas las frutas, por lo cual es necesario determinar parámetros que permitan conservar las propiedades físico-químicas, nutricionales y funcionales de la fruta en estudio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el método de conservación de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus*.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características físico-químicas (sólidos solubles, peso, pH, acidez) y organolépticas (color y textura) de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* previo al almacenamiento en atmósferas controladas y al final del mismo.
- Evaluar el comportamiento de la tasa de respiración de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* durante el proceso de almacenamiento en distintas atmósferas controladas y temperaturas de refrigeración.
- Analizar la influencia de diferentes atmósferas controladas y temperaturas de refrigeración sobre el contenido de ácido ascórbico y polifenoles totales de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus*.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS NULA. -

Ho: La aplicación de distintas concentraciones de gases y temperaturas de refrigeración no afecta el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* durante el almacenamiento.

1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA. -

Ha: La aplicación de distintas concentraciones de gases y temperaturas de refrigeración afecta el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* durante el almacenamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PITAHAYA AMARILLA *Selenicereus megalanthus*

2.1.1. GENERALIDADES

La pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* es un fruto ovoide y alargado que puede medir hasta 14 cm. Su cáscara presenta protuberancias llamadas mamilas, las cuales poseen espinas en el ápice (Corpoica, 2013). La pulpa es blanca translúcida con un aroma intenso y abundantes semillas pequeñas de color negro, como se expresa en la Figura 1. La pitahaya es considerada un fruto tropical exquisito de sabor dulce Rodríguez, Patiño, Miranda, Fischer & Galvis (2005). Por otra parte, muchos médicos investigadores la consideran como un “superalimento” por los beneficios que tiene para la salud (PRO ECUADOR , 2016).



Figura 1 Partes de la pitahaya

Fuente:(Kondo, Martinez, Medina, Rebolledo & Cardozo, 2013).

2.1.2. ORIGEN

La pitahaya es una planta originaria de México, América Central y el Norte de Sudamérica (Ricalde & Andrade, 2009). Su distribución a nivel mundial fue llevada a cabo por los conquistadores españoles. Comercialmente la pitahaya amarilla se la cultiva en Colombia, Ecuador, Taiwán e Israel (Lim, 2012).

2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La pitahaya es una planta cactácea, perenne y epífita que crece apoyándose en árboles, troncos secos y piedras de las cuales se sujeta por medio de sus raíces adventicias, llegando una altura promedio de 4,7 a 6 m. Esta planta tiene 2 tipos de raíces: las raíces primarias se encuentran en el suelo, profundizan de 5 a 25 cm y su área de expansión es de 30 cm de diámetro. Las raíces secundarias crecen fuera del suelo sin tocarlo y cumplen con la función de sostener la planta y absorber sustancias nutritivas y agua del ambiente. El tallo es succulento, decumbente y se le denomina cladodio ya que se sustituyen a las hojas y ejerce la función fotosintética; el grosor varía de 4 a 10cm y presenta de 3 a 5 aristas según la especie sobre las cuales se encuentran las areolas (Corpoica, 2013).

Las flores son grandes, aterciopeladas y presentan un tubo basal curvo y ovario funicular con protuberancias pilosas y redondeadas. Tienen forma de embudo, la parte superior es ancha y de color blanco o rosado mientras que la parte inferior es angosta y de color amarillo. Estas flores son hermafroditas y están conformadas por numerosos estambres en forma de espiral Hernández, Barrera & Melgarejo (1998). Alrededor de 6 semanas después de aparecido el botón y durante una sola noche, ocurre la apertura floral, después de la cual, se inicia el desarrollo del fruto. Finalmente, el fruto es una baya con pulpa de consistencia mucilaginoso de color blanco de 15 cm de largo y 10 cm de ancho, cada fruto tiene numerosas semillas pequeñas de color negro brillante (Kondo et al., 2013)

2.1.4. TAXONOMÍA

La pitahaya es el fruto de una planta rústica de la familia de las cactáceas, se encuentran en condiciones semidesérticas y regiones tropicales cálidas. La

subfamilia es Coroidea que pertenece al género *Selenicereus* (Wu & Cervantez, 2005). Son plantas trepadoras con raíces aéreas que producen un fruto glabro con largas brácteas. Este género pertenece a la especie *Megalanthus*, la cual recibe esta fruta como nombre científico *Selenicereus megalanthus* (CEZA, 2010). Posteriormente, se especifica en la tabla 1.

Tabla 1 Taxonomía de la pitahaya amarilla

	Descripción
Reino	Plantea
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae-Cactácea
Genero	Selenicereus
Especie	Megalanthus
Categoría	Fruta
Nombre Científico	<i>Selenicereus megalanthus</i>

Fuente: (Esquibel & Araya, 2012)

2.1.5. COMPOSICIÓN

La composición química de los frutos de pitahaya varía de acuerdo a la variedad, ubicación geográfica del cultivo y condiciones ambientales. En la Tabla 2, se presenta la composición de los macro y micronutrientes de la pitahaya amarilla en 100 g de fruta. La cual, contiene vitaminas, fibra, glucosa, minerales, entre otros, que el cuerpo humano necesita.

Tabla 2 Composición nutricional y funcional de la pitahaya amarilla

Nutricional	Contenido por 100g	Funciones o beneficios
Agua (g)	82,5-83	
Grasa (g)	0,21-0,61	
Proteína (g)	0,159-0,229	
Fósforo (mg)	0,2-36,1	Formación de la membrana de las células
Vitamina C(mg)	8,0-9,0	Embellrece la piel, evita manchas

Calcio (mg)	6,3-8,8	Fortalece a los huesos
Fibra (mg)	0,7-0,9	Evita el estreñimiento
Hierro (mg)	0,55-0,65	Evita la anemia
Vitamina B3 (mg)	0,298-0,43	Baja el colesterol
Vitamina B2 (mg)	0,043-0,045	Aumenta el apetito, previene la ulcera bucal
Vitamina B1 (mg)	0,028-0,043	Combate la inflamación de nervios
Tiamina (mg)	0,005-0,012	Fortalece los ojos
Otros (g)	0,54-0,68	

Fuente: (Wu & Cervantez, 2005)

2.2. SITUACIÓN DE LA PITAHAYA EN EL ECUADOR

Hoy en día la pitahaya se considera como fruta tropical rentable para exportación por sus cualidades morfológicas y nutricionales, por ello se la está promocionando a través del mundo mediante ferias internacionales en países tales como: China, Malasia, París, Brasil y Argentina. Según el señor Diego Vizcaíno Director de Agrocalidad (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro del Ecuador), la comercialización de esta fruta crece lentamente, ya que compite con otras frutas como maracuyá, mango, piña, banano, entre otros, por ser más conocidas tienen un mercado con mayor aceptación (PRO ECUADOR, 2016).

La limitante más importante que presenta es la baja y sectorizada producción que tiene la pitahaya, ya que no se han aprovechado zonas específicas para su cultivo, además de la falta de conocimiento por parte de los agricultores. Existe un impedimento por la falta de estudios y sustento bibliográfico referente a esta fruta, a pesar de esta situación se están planteando alternativas que promuevan su interés comercial (Huachi et al., 2015).

2.2.1. PRINCIPALES PRODUCTOS ELABORADOS DE PITAHAYA AMARILLA

De acuerdo con PROECUADOR (2016), la fruta se consume preferentemente fresca para no perder las propiedades nutritivas y funcionales. En la demanda del mercado, se la puede encontrar de la siguiente manera:

- Pitahaya al granel
- Pitahaya en cajas (exportación)
- Pitahaya en pulpa (IQF)

Otros usos que se le da a la pitahaya para preparaciones de platos gourmet como ensaladas agridulces, para la elaboración de jugos, postres y cosméticos.

2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES FUNCIONALES

Las frutas contienen componentes no nutritivos con actividad biológica importante, llamados compuestos bioactivos, los cuales confieren actividad antioxidante y que están relacionados con beneficios para la salud (Serrano et al, 2009). Por otra parte, se ha reportado que las pitahayas, se pueden considerar como un alimento funcional ya que protege a quien lo consume de enfermedades crónicas, debido a su elevada capacidad para reducir la propagación de radicales libres en el organismo, por su contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico (Bolaños & Calero, 2015).

2.3.1. VITAMINA C Ó ÁCIDO ASCÓRBICO (AA)

En el 2014, Fennema menciona que la vitamina C tiene propiedades antioxidantes y reductoras; inhibe el pardeamiento enzimático, protege de ciertos compuestos oxidables mediante efectos reductores y secuestro de radicales libres y de oxígeno, reduce iones metálicos. El contenido varía de manera significativa de acuerdo con los factores relacionados como prácticas agrícolas, manejo poscosecha, preparación para consumo y almacenamiento.

La vitamina C es un cristal blanco con sabor ligeramente ácido derivada de la D-glucosa, tiene una estructura de cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1 gulofuranolactona y contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que hace un agente ácido y altamente reductor, por lo que se oxida con facilidad (Badui, 2006).

La vitamina C es la más inestable por su composición química debido a esta característica su contenido residual en los alimentos, se usa como índice de retención de nutrimentos: que considera que si resiste el procesamiento,

almacenamiento, todos los demás nutrientes se verán poco afectados (Fennema, 2014), su estructura química se muestra en la Figura 2.

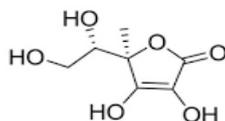


Figura 2 Ácido ascórbico (Vitamina C)

Fuente: (Fennema, 2014)

Para la degradación del ácido ascórbico Fennema (2014), sustenta que debido a la gran solubilidad del ácido ascórbico, existe la posibilidad de que se produzca importantes pérdidas por lixiviación durante el corte o daños físicos de las superficies de las frutas y hortalizas frescas. Por otra parte, el AA se oxida fácilmente, la misma que esta en función de muchas variables, principalmente disponibilidad de oxígeno, temperatura, pH y luz. Los cuales inducen a una reacción reversible a ácido deshidroascórbico, estableciéndose un sistema de oxidación-reducción; como se muestra en la Figura 3. Este ácido se sigue oxidando y se transforma en ácido 2,3-dicetogulónica se abrigante y produzca anhídrido carbónico y furfural que se polimeriza y forma melanoidinas de manera semejante a las del oscurecimiento no enzimático y por ende generan bajo peso molecular y olores indesables.

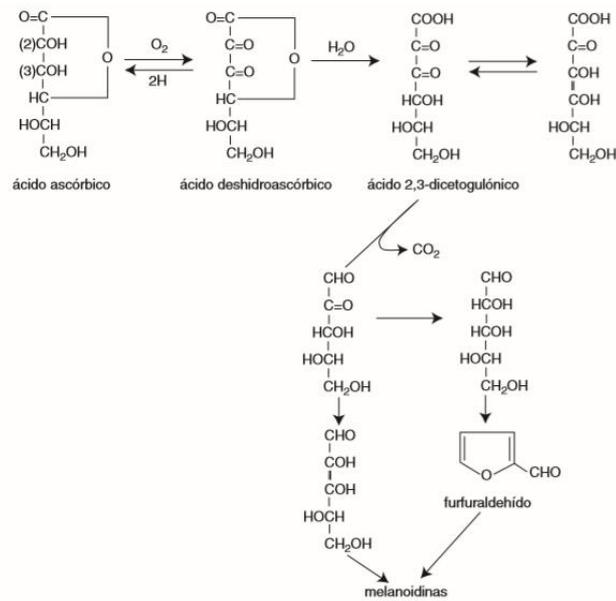


Figura 3 Degradación del Ácido Ascórbico

Fuente: (Badui, 2006)

2.3.2. POLIFENOLES TOTALES

En el año (2015), García, Fernández y Fuentes, resaltan que los compuestos polifenólicos de un alimento, son importantes dado a la gran variedad de actividades biológicas que presentan, se les considera como uno de los fitoquímicos alimentarios más relevantes por su contribución al mantenimiento de la salud humana. La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con su carácter antioxidante. Además de sus beneficios saludables, muchos compuestos polifenólicos tienen un efecto sobre la calidad de los alimentos que los contienen, puesto que son responsables de algunas propiedades sensoriales.

Por otra parte, la cantidad de compuestos polifenólicos y tipos presentes en un alimento varía en función de la especie vegetal, variedad y parte del vegetal considerado (fruto, semillas, brotes, hojas), horas de exposición solar, grado de madurez, condiciones de cultivo, procesado, condiciones de almacenamiento (García et al., 2015)

Los compuestos polifenólicos presentan en su estructura química uno o más anillos de benceno y uno o más grupos hidroxilados con algún elemento común, como los grupos funcionales de ésteres, ésteres de metilo, glucósidos, etc. Se trata de

moléculas muy reactivas que normalmente se encuentran combinados con azúcares, como la glucosa, galactosa, arabinosa, ramosa, xilosa o los ácidos glucorónicos y galacturónicos. También pueden unirse como ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminoácidos y lípidos. Aunque pueden encontrarse distintas clasificaciones de polifenoles, dependiendo de su complejidad química, puede agruparse en C_6 , C_6-C_n , $C_6-C_n-C_6$, siendo $n \leq 3$. La tabla 3 muestra los diferentes grupos de polifenoles y algunos ejemplos de polifenoles (García et al., 2015).

Tabla 3 Clasificación de los polifenoles y ejemplos

Estructura química	Tipo	Ejemplo de polifenol
C_6	Fenol simple	Eugenol
C_6-C_1	Ácido fenólico	Ácido gálico
	Ácido benzoico	Ácido elágico
$(C_6-C_1)_n$	Taninos hidrolizables	
C_6-C_2	Ácido fenil acético	
C_6-C_3	Ácido hidrocínámico	Ácido cafeico
	Curaminas	Ácido ferúlico
$(C_6-C_3)_2$	Líganos	
$C_6-C_1-C_6$	Benzofenonas	
	Xantonas	
$C_6-C_2-C_6$	Estilbenos	Resveratrol
$C_6-C_3-C_6$	Flavonoides	Antocianinas
		Flavonoles
		Flavonas
		Flavanonas
		Isoflavonas
		Flavanoles
	Chalconas	
$(C_6-C_3-C_3)_n$	Proantocianinas	

(Taninos 4<n<11)

Fuente: (García et al, 2015)

2.3.3. ESTUDIOS REALIZADOS DE COMPONENTES BIOACTIVOS CON INTERÉS FUNCIONAL A PARTIR DE LA PITAHAYA AMARILLA

Torre, Melo, Torres, Sema & Sanín (2017), evaluaron ciertas propiedades de la pitahaya amarilla debido a que es una fruta exótica para la exportación por sus apreciables atributos sensoriales y organolépticos que posee. Por lo que también, determinaron compuestos químicos y biocompuestos presentes en el tallo, cáscara, semilla y pulpa de pitahaya amarilla. Para lo cual, los polifenoles fueron valorados con el método de Folin Ciocalteu; el contenido de vitamina C se estipuló usando 2-nitroanilina; la capacidad antioxidante se encontró con los métodos ABTS Y DPPH. Los resultados demostraron que la composición de la fruta varía de acuerdo con su parte. Es digno de mención que todas las partes de la fruta contienen compuestos bioactivos en varias proporciones; la concentración mas alta de vitamina C, polifenoles y capacidad antioxidante se encontraron en la semilla (22.08 mg de ácido ascórbico/ g de materia seca, 1580 mg de ácido gálico por 100g de materia seca, $79,2 \pm 0,2\%$ ABTS respectivamente) y la cáscara (20,615 mg de ácido ascórbico/ g de materia seca, 1333,33 mg de ácido gálico/ 100g de materia seca, $66,2 \pm 0,8$ de ABTS, respectivamente). En consecuencia, el resultado muestra que la pitahaya amarilla podría ser una alternativa de un producto prometedor debido a su composición y contenido de bioactivos de interés funcional. A continuación, en la Figura 4, se ejemplifica los componentes encontrados en las diferentes partes de la pitahaya amarilla.

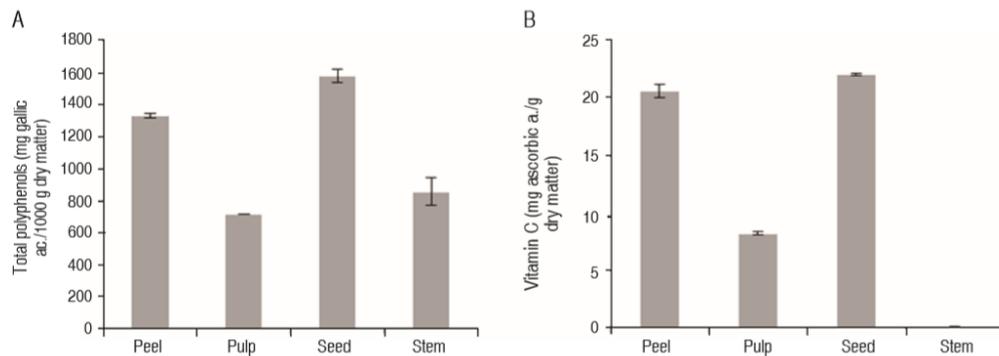


Figura 4 Compuestos bioactivos en las diferentes partes de la pitahaya amarilla: A (Polifenoles totales), B (Vitamina C)

Fuente: (Torres et al, 2017)

2.4. MANEJO POSCOSECHA

La cosecha provoca cierto estrés y tensión en los frutos, por lo que se genera un aumento en la tasa de respiración, una maduración apresurada y otros cambios deseables e indeseables en los productos (Hernández et al., 2010). Las operaciones poscosecha que abarcan desde la cosecha hasta la llegada del fruto al consumidor, deben garantizar la aplicación de técnicas tratamientos que retrasen y/o disminuyan los efectos indeseables en los alimentos a causa de la cosecha (Yahia, 2011).

Para lograr disminuir las pérdidas de poscosecha se debe comprender los factores biológicos y ambientales que están involucrados en el deterioro de frutas y vegetales, además se debe aplicar tecnologías que permitan conservar la calidad de los productos y prolongar su tiempo de vida útil.

2.4.1. FACTORES FISIOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO

2.4.1.1. Respiración

La respiración es un proceso metabólico por el cual se realiza un intercambio gaseoso entre la fruta y la atmósfera, es decir, se realiza el consumo de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono. El proceso respiratorio en la poscosecha es de gran utilidad debido a que se utiliza como índice para determinar la vida útil del producto. Durante este proceso las reservas nutritivas tales como los azúcares y almidones son convertidos en energía, teniendo como resultado final el deterioro y

la senescencia de la fruta, razón por la cual es necesario mantener la tasa de respiración lo más bajo posible (Arias & Toledo, 2007).

La respiración en las frutas depende de varios factores dentro de los cuales se pueden mencionar la especie, la variedad y el grado de maduración de la fruta, así como también, la temperatura y la composición de los gases del ambiente que rodea a la fruta (Fonseca, Oliveira & Brecht, 2002).

2.4.1.2. Transpiración

Es la pérdida de agua, en estado de vapor, a través de la corteza o cáscara, se traduce en una reducción del peso y pérdida de turgencia del producto, desmeritando su calidad y valor comercial para el mercado de productos frescos.

Si el aire que rodea la fruta tiene una humedad relativa baja, promoverá el flujo de agua del producto hacia el medio, provocando su deshidratación y pérdidas consideradas de peso. Caso contrario, cuando el aire tiene humedad relativa alta, el vapor de agua puede considerarse sobre la superficie de fruto lo cual favorece el desarrollo de microorganismos (García, 2016).

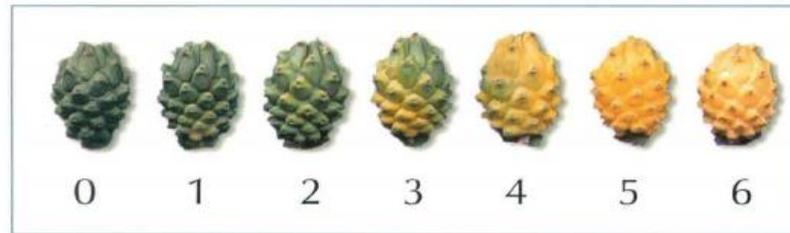
2.4.1.3. Maduración

Según Arias (2007), es el conjunto de procesos de desarrollo y cambios observados en la fruta. Como consecuencia de la maduración, la fruta desarrolla una serie de características físico-químicas que permiten definir distintos estados de madurez de la misma. En relación al estado fisiológico y comercial, es conveniente conocer y distinguir los siguientes cambios.

Durante su desarrollo, las frutas experimentan una serie de cambios internos de sus componentes que son más evidentes durante la maduración de consumo y que guardan una estrecha relación con la calidad y otras características de poscosecha del producto. Por consiguiente, se mencionan los principales cambios;

Desarrollo del color. - la madurez del fruto se aprecia visualmente por su color externo y puede confirmarse su estado por medio de la determinación del contenido de sólidos solubles y acidez titulable (INEN, 2003). La tabla 4, relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez del fruto.

Tabla 4 Tabla de color de la pitahaya



Fuente: (Norma Técnica Colombiana. NTC 3554, 1996)

Cambios en la firmeza. - Por lo general, la textura de las frutas cambia debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares. Las frutas se tornan blandas y son más susceptibles de ser dañadas durante el manejo poscosecha.

2.4.2. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO

2.4.1.1. Temperatura

Es el factor que mayor influencia ejerce en la velocidad de respiración de la fruta. Por lo que las temperaturas altas aceleran el proceso de respiración llevando rápidamente al deterioro de la fruta. Y las temperaturas muy bajas también pueden ocasionar daño al fruto (García, 2016). En la Figura 5, se expresa la variación de temperaturas del producto.

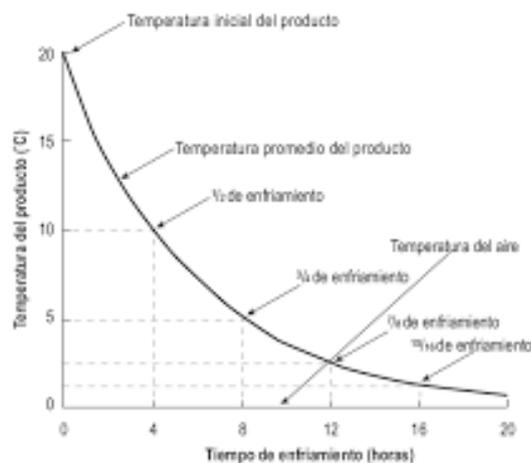


Figura 5 Curva de enfriamiento de los productos hortofrutícolas

Fuente: (Arias & Toledo, 2007)

2.4.1.2.Humedad relativa (HR)

Es el porcentaje de vapor de agua que se satura al aire a una determinada temperatura y presión. La pérdida de agua en los productos frescos depende de la diferencia existente entre la presión de vapor del producto y el ambiente que lo rodea. A una determinada HR la pérdida de agua se incrementa conforme lo hace también la temperatura (Paredes, 2016).

2.4.1.3.Composición de la atmósfera

Este es otro factor que incide en el tiempo de conservación de la fruta. La reducción en el porcentaje de oxígeno (O_2) que rodea a la fruta o el aumento del dióxido de carbono (CO_2) incrementa el tiempo de vida útil. Sin embargo, concentraciones muy bajas de O_2 o muy altas de CO_2 pueden alterar el desarrollo de la fruta originando olores y sabores desagradables. Estos conceptos son la base de los sistemas de conservación de la fruta en almacenamiento de atmósferas controladas (García, 2016).

2.5. ATMÓSFERAS CONTROLADAS

Es una técnica de conservación de productos hortofrutícolas mediante el cual, se logra mantener una atmósfera con contenido muy bajo de O_2 y una mayor concentración de CO_2 , de tal manera que la composición de la atmósfera se ajustará constantemente a los requerimientos específicos del producto a conservar (Parzanese, 2010). Cabe recalcar que las mezclas específicas se componen de los mismos gases de la atmósfera normal, pero en diferentes proporciones.

Por otra parte, las atmósferas controladas se utilizan para la preservación de muchos tipos de alimentos en el caso de los productos hortofrutícolas, las atmósferas controladas se utilizan para el almacenamiento, transporte y empaque (Yahia, 2011). A continuación, se describen las características de los gases que generalmente se utilizan en las atmósferas controladas.

2.5.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)

Parzanese (2010), afirma que es un fuerte inhibidor del desarrollo de microorganismos, por ello permite extender la vida útil de productos alimenticios.

La presencia de determinadas concentraciones de CO₂ en la atmósfera interna del envase provoca que se extienda la fase de latencia de los microorganismos (es decir permanecen durante más tiempo sin aumentar el número, sin crecimiento) y además disminuye la cantidad de estos que logran crecer exponencialmente (esto se manifiesta en una disminución de la pendiente de la fase exponencial), por ello el CO₂ inactiva parte de la flora alterna y patógena.

2.5.2. OXÍGENO (O₂)

Es uno de los principales responsables de la alteración de los alimentos, ya que es un elemento muy reactivo, origina las reacciones de oxidación que producen sabores y olores desagradables. También favorece el crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes que lo utilizan en sus funciones metabólicas (microorganismos aerobios). Es por esto, que generalmente en el almacenamiento de alimentos con atmósfera controlada se trata de eliminar o reducir al máximo la concentración de O₂, con el fin de inhibir dichas reacciones de oxidación.

Cada uno de los siguientes productos establece una atmósfera cuya composición presenta la concentración de O₂ que permita mantener estable al alimento y que a su vez no promueva el crecimiento de microorganismos indeseables o reacciones químicas o enzimáticas de deterioro como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Mezcla de gases recomendados para el envasado de diferentes productos

Productos	% Oxígeno	% Dióxido de carbono	% Nitrógeno
Carnes rojas	60-85	15-40	-
Carnes cocidas o curadas	-	20-35	65-80
Carne de ave	-	25	75
Pescado blanco	30	40	30
Pescado de alto contenido graso	-	60	40
Salmón	20	60	20
Frutas y hortalizas frescas	3-5	3-5	85-95
Pastas frescas	-	-	100
Alimentos deshidratados	-	-	100

Fuente: (Parzanese, 2010)

2.5.3. ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS (AC)

Esta tecnología se ha practicado en las últimos 6 décadas y ha sufrido un gran desarrollo tecnológico en los últimos 10 años, especialmente con respecto a la separación del aire, control y monitoreo de las atmósferas. Las AC se utilizan actualmente en forma comercial, casi exclusivamente para el almacenamiento. Hay varios sistemas de AC y la implementación depende de la razón del uso de las AC y del tiempo de almacenamiento requerido (Montoya, 2005).

2.5.3.1. Atmósfera controlada convencional (ACC)

En él (2005), Montoya menciona que es el sistema tradicional que se ha utilizado en forma comercial para almacenamiento. La fruta se puede modificar disminuyendo la concentración de O₂ y aumentando la concentración de CO₂ (por el proceso de respiración) hasta que se establezca la atmósfera necesaria.

Se deben monitorear los niveles de gases todos los días y cuando estos niveles se establezcan adecuadamente empieza el control de los mismos. El nivel de O₂ se controla introduciendo aire del exterior del cuarto y el nivel del CO₂ se controla por su remoción.

2.5.3.2. Atmósfera controlada rápida (ACR)

Se descubrió que un control rápido (inmediatamente después sellar el cuarto) prolonga más la vida de la fruta y mantiene mejor su calidad. Este sistema se empezó a utilizar desde dos décadas aproximadamente, donde el control de los gases en las atmósferas se inicia inmediatamente después de sellar el cuarto (Montoya, 2005).

Se utiliza un sistema para generar la atmósfera después de sellar el cuarto y para mantener los niveles de los gases controlados se utiliza un sistema similar al mencionado para ACC.

2.6. VALIDACIÓN DEL MÉTODO

Es un proceso experimental por el cual se establecen mediante estudios de Laboratorio que las características de diseño del método analítico cumplan los

requerimientos (metodológico y estadístico) para la aplicación analítica propuesta. Involucra el desarrollo de un protocolo, que incluye la estimación de las medidas de precisión y exactitud aplicables a cualquier método analítico.

De esta manera, se válida para asegurar la calidad, reducir costos, aumentar la productividad, cumplir con las normas establecidas y la aplicación determina las características de operación, ventajas, limitaciones, confianza, seguridad en el método analítico y en calidad de los resultados obtenidos en el laboratorio de trabajo. Disminuye el número de fallas y repeticiones (Departamento del META NIT 892.000.148-8, 2015)

Cuando se trata de métodos cualitativos es necesario establecer un nivel de concentración definido, para reflejar resultados, deben determinarse los tres parámetros siguientes:

2.6.1. LINEALIDAD

Un método lineal es cuando existe una relación directamente proporcional entre la respuesta obtenida cuando se aplica el método y la concentración del analito buscado. El rango de trabajo viene definido por la finalidad del método y puede presentar solo una parte de la totalidad de la línea recta. Habitualmente los criterios de aceptación implican una prueba de la bondad de ajuste. Frecuentemente se utiliza como criterio de la linealidad un coeficiente de correlación (r) elevado, del 0,99. No obstante, este criterio no basta para demostrar que existe una relación lineal como tal, por lo que se debe considerar que se puede utilizar un método que no permita establecer un coeficiente de correlación tan alto como el 0,99 pero que permita cumplir los fines previstos (ONODC, 2010)

2.6.2. EXACTITUD

Es la medición de la diferencia entre los resultados previstos del análisis y el valor de referencia aceptado, debido a un error sistemático del método y del laboratorio. Normalmente se expresa en porcentaje. La exactitud y la precisión determinan el error total del análisis, la exactitud se determina teóricamente utilizando material de referencia certificado (MRC) si es posible, métodos de referencia, estudios en

colaboración o mediante comparación con otros métodos. (Departamento del META NIT 892.000.148-8, 2015)

2.6.3. PRECISIÓN

La precisión mide el grado de acuerdo entre los resultados analíticos obtenidos de una serie de mediciones repetidas del mismo analito realizadas en las condiciones previstas en el método. La precisión refleja los errores aleatorios que se producen cuando se utiliza un método. Las condiciones en que se mide la precisión se dividen en condiciones repetibles y reproducibles.

La repetibilidad de las condiciones existe cuando el mismo analista analiza muestras el mismo día y con el mismo instrumento y en el mismo laboratorio. Cualquier cambio de estas condiciones implica que las condiciones solo serán reproducibles. (ONODC, 2010)

La precisión normalmente se mide en términos de coeficiente de variación o desviación típica relativa de los resultados analíticos obtenidos con patrones de control preparados independientemente. (Departamento del META NIT 892.000.148-8, 2015).

2.6.4. ECUACIÓN DE HORWITZ

El coeficiente de variación (CV) de Horwitz ha sido propuesto como un valor de referencia para evaluar el desempeño en pruebas Inter laboratorio y cabe señalar que las autoridades regulatorias de la Unión Europea lo han incorporado como criterio de aceptación para métodos de análisis con fines regulatorios. Por tanto, la ecuación de Horwitz expone el comportamiento de la dispersión de los resultados en pruebas Inter laboratorio puede presentarse con un gráfico de CV, expresando en potencia de 2 contra la concentración medida expresada en potencia de 10 como se muestra en la Figura 6 que fue conocida como Trompeta de Horwitz. (Rivera & Rodriguez, 2010).

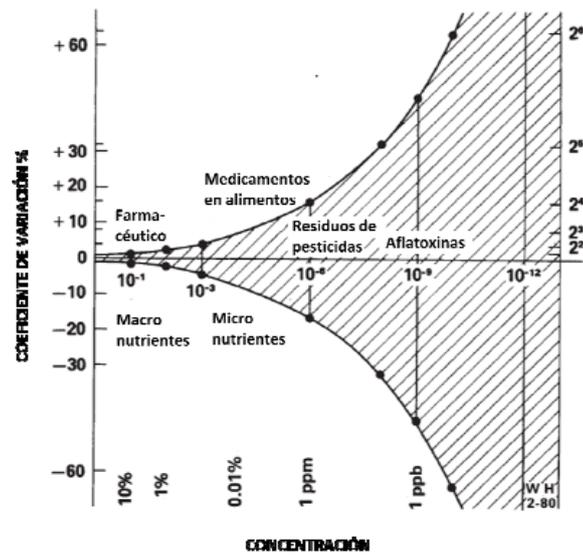


Figura 6 Trompeta de Horwitz

Fuente: (Rivera & Rodríguez, 2010)

Donde el CV: es el coeficiente de variación y esta expresado en %; C: es el nivel de concentración del analito expresado en valores adimensionales de masa. Los valores representativos se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 CV de Horwitz para diferentes concentraciones

Concentración de analito	CV de Horwitz
10 %	2,8 %
1 %	4,0 %
0,1 %	5,6 %
0,01 %	8,0 %
1 Ppm	16 %
1 Ppb	45 %

Fuente: (Rivera & Rodríguez, 2010)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación está relacionada con la evaluación del método de atmósferas controladas sobre las propiedades de la pitahaya, para lo cual, se realizó en el Laboratorio de Análisis Experimental e Innovación y Laboratorio de Análisis Físicos Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. Seguidamente en la Tabla 7, delimita la localización del experimento.

Tabla 7 Localización del experimento

DATOS	
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Priorato y La Laguna
Temperatura	18°C
Altitud	2250 m.s.n.m
HR promedio	73%
Latitud	0,3517° Norte
Longitud	78,1223° Oeste

Fuente: (INAMHI, 2019)

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la fase experimental de la presente investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos que se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8 Materiales y equipos para el desarrollo de la fase experimental

Materia prima	Materiales	Equipos	Insumos/Reactivos
Pitahaya amarilla “ <i>Selenicereus megalanthus</i> ”	Buretas	Refractómetro de mesa (modelo 13100499)	Agua destilada
	Embudo de plástico		Hidróxido de sodio al 0,1N
	Balones de vidrio	Texturómetro	Fenofaleína 1%
	Papel filtro	Liofilizador UV-visible	Metanol
	Pipetas volumétricas	Balanza digital	Ácido gálico
	Probetas	Espectrofotómetro de reflectancia (modelo Sperscord 250 plus)	Carbonato de sodio
	Vasos de precipitación		Reactivo Fólín
	Tubos de ensayo	Refrigerador	Ciocalteu 1N
	Agitadores magnéticos	pH metro	Bicarbonato de sodio
	Celdas de cuarzo	Centrífuga	Ácido acético
	Bandejas de plástico y aluminio	Mezclador de gases (modelo KM1000-FLOW MAP)	2,6 dicloroindofenol
	Papel Watman N°4	Analizador de gases (modelo MAPY LE)	Ácido ascórbico
	Frascos ámbar		Ácido metafosfórico
	Matraz Erlenmeyer		
	Papel aluminio		
	Parafilm		
	Fundas ziploc		

3.3. MÉTODOS

3.3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA PITAHAYA AMARILLA

La pitahaya amarilla fue evaluada con un estado de madurez de acuerdo a la Tabla 4 con una escala de color 4, como lo especifica la Norma Técnica Colombiana NTC 3554 (1996). Por tanto, se realizó análisis físico-químicos y organolépticos de acuerdo a las variables y métodos descritos en la Tabla 9.

Tabla 9 Variables y métodos utilizados para el análisis físico químicos y organolépticos de la pitahaya amarilla

Características	Variables	Unidades	Método/Equipo
Físicas	Peso	Kg	Balanza digital
	pH		Potenciómetro Jenway (modelo 3510)
Químicas	Acidez Titulable	%	AOAC Official Methods 942.1-1990
	Sólidos Solubles	(°Brix)	AOAC Official Methods 932.12-1980
Organolépticas	Color	Lhc	Espectrofotómetro de reflectancia, Escala CIE L,C,H
	Textura	(Kgf)	Texturómetro (modelo EZ-9X)

Ver los métodos a desarrollarse en el Anexo 1

3.3.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y POLIFENOLES DE LA PITAHAYA AMARILLA

Para la determinación de la tasa de respiración de la pitahaya amarilla en estado fresco se utilizó el método de Ángos, Virseda y Fernández (2007), el cual es un sistema cerrado, en el que se evaluó de acuerdo al consumo o producción de O₂ y CO₂, por unidad de peso y tiempo. El tiempo para esta evaluación, se realizó en 20 días, los mismos que se analizaron al 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días. Por tanto, en un recipiente de sellado hermético con un volumen conocido, se introduce un peso

conocido de fruta. A continuación, se cierra herméticamente, y permite que, debido a los procesos respiratorios de la fruta, se modifiquen las concentraciones iniciales de oxígeno y dióxido de carbono durante un tiempo determinado, acorde con la tasa respiratoria propia de la fruta. Al cabo del tiempo estipulado para el ensayo se analizó las concentraciones finales de oxígeno y dióxido de carbono y se efectuaron los cálculos para estimar la tasa respiratoria promedio durante el periodo de ensayo mediante las ecuaciones 1 y 2 (Fonseca et al., 2002). Cabe resaltar, que la cuantificación de oxígeno y dióxido de carbono se realizó mediante un analizador de gases modelo MAPY 4.0 LE O₂/CO₂:

$$RO_2 = \frac{(Y^{tiO_2} - Y^{tfO_2}) \times V}{100 \times M \times (t_f - t_i)} \quad (1)$$

$$RCO_2 = \frac{(Y^{tfCO_2} - Y^{tiCO_2}) \times V}{100 \times M \times (t_f - t_i)} \quad (2)$$

Donde:

- RO₂ Y RCO₂: Tasa de respiración de consumo de O₂ y producción de CO₂, en mlkg⁻¹h⁻¹
- t_f-t_i: Intervalo de tiempo (h) entre muestreos
- y^{ti} e y^{tf}: concentraciones volumétricas de O₂ inicial y final en (%)
- M: masa de la fruta, en kg
- V: es el volumen libre del envase, en ml

El cálculo del volumen libre del envase se determinó mediante la diferencia entre el volumen total del envase menos el volumen ocupado por la fruta. Como se especifica en la siguiente ecuación (3)

$$V = V_{envase} - V_{fruta} \quad (3)$$

Donde:

- V: Volumen libre del envase en ml
- V_{envase}: Volumen del envase en ml
- V_{fruta}: Volumen del fruto en ml

El volumen de la fruta se obtuvo mediante su densidad promedio, para lo cual se realizó por triplicado. Cabe considerar, que la densidad es la relación de la masa sobre el volumen, como se especifica en la ecuación (4).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

Donde:

- ρ : Densidad en kg/ml
- m: Masa del fruto en kg
- V: Volumen del fruto en ml

Se obtiene por triplicado la masa y el volumen de la fruta, para el respectivo cálculo de la densidad promedio mediante la ecuación (5).

$$\rho_{promedio} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} \quad (5)$$

Donde:

- $\rho_{promedio}$: Densidad promedio kg/ml

Con el dato de la densidad promedio se realizó un despeje de unidades y se procede al cálculo del volumen total del fruto a través de la ecuación (6).

$$V_{fruto} = \frac{m}{\rho_{promedio}} \quad (6)$$

Donde:

- V_{fruto} : Volumen total del fruto
- m: masa de la fruta en kg

En consecuencia, mediante estos datos se procedió a envasar la fruta en los frascos herméticos para realizar las respectivas mediciones de la tasa de respiración durante el almacenamiento en AC.

3.4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. FACTORES EN ESTUDIO

Se estableció como factores en estudio dos temperaturas, dos concentraciones de O₂, CO₂ y dos testigos para el almacenamiento de la pitahaya amarilla como se expresa en la Tabla 10.

Tabla 10 Factores en estudio

Niveles	Temperatura (A)	Concentraciones de gases (B)
1	8°C	17%CO ₂ , 3%O ₂ y 80%N ₂
2	5°C	15%CO ₂ , 5%O ₂ y 80%N ₂

Ts1: Testigo 1

Ts2: Testigo 2

3.4.2. TRATAMIENTOS

En la Tabla 11, se detalla los tratamientos en estudio con su respectiva descripción.

Tabla 11 Descripción de tratamientos en estudio

Tratamientos		Descripción
T1	A1B1	Pitahaya amarilla almacenada a 8°C en atmósferas controladas de 17%CO ₂ , 3%O ₂ y 80% N ₂
T2	A2B1	Pitahaya amarilla almacenada a 5°C en atmósferas controladas de 17%CO ₂ , 3%O ₂ y 80% N ₂
T3	A1B2	Pitahaya amarilla almacenada a 8°C en atmósferas controladas de 15%CO ₂ , 5%O ₂ y 80% N ₂
T4	A2B2	Pitahaya amarilla almacenada a 5°C en atmósferas controladas de 15%CO ₂ , 5%O ₂ y 80% N ₂

Ts1: Testigo 1 (8°C, Aire)

Ts2: Testigo 2 (5°C, Aire)

3.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis de datos se utilizó un Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial A x B + 2 con tres repeticiones en cada nivel, obteniéndose cuatro tratamientos más dos testigos en estudio, con un total de 18 unidades experimentales.

3.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

- Tratamientos: 4+2
- Repeticiones: 3
- Unidades experimentales: 18

3.4.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

El material empleado para cada unidad experimental fue de 535 gr (3 o 4 unidades) de pitahaya amarilla fresca con un estado de madurez color 4 para el presente estudio.

3.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos cuantitativos de forma experimental se procedió a utilizar el análisis de varianza (ANOVA) como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA)

Fuentes de variación (FV)	Grados de libertad (GL)
Total	17
Tratamientos	5
Factor A (Temperatura)	1
Factor B (Concentración de gases)	1
Interacción (AxB)	1
Testigo 1, Testigo 2 vs Resto	1
Testigo 1 vs Testigo 2	1
Error experimental	12

Al existir diferencias significativas entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5% y la Prueba de Diferencia Mínima (DMS).

3.4.7. VARIABLES DE RESPUESTA

En la Tabla 13, se detalla las variables evaluadas al final del almacenamiento del producto.

Tabla 13 Variables de respuesta

Características	Variables	Método/Equipo		
	Ácido ascórbico	AOAC	Oficial	Methods
		967.21-1968		
Funcionales	Polifenoles Totales	Método	Fólin-	Ciocalteu
		(2015)		
	Tasa de respiración	Método	Oficial	de Ángos
		Virsedá y Fernández (2007)		

Los métodos a emplearse para el desarrollo de la experimentación se especifican en el Anexo 1.

3.5. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El proceso poscosecha de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* se realizó de acuerdo a la escala de madurez color 4 como lo establece la Norma Técnica Colombiana NTC 3554 (1996), se realizó previo al almacenamiento y al final del mismo, los análisis físico-químicos y organolépticos de la pitahaya amarilla en estado fresco. De tal manera, que la fruta fue almacenada en atmósferas controladas a temperatura de 5°C y 8°C con concentraciones de gases de 15%CO₂ y 5%O₂, y 17%CO₂ y 3%O₂. Por un tiempo establecido de 20 días. Cabe señalar que se empleó un mezclador de gases KM 1000-FLOW MAP como suministro de bombonas de gases a presión, un analizador de gases MAP LE y un sistema completo de racorería neumática que incluye reguladores de presión, válvulas de control de caudal, reducciones, conexiones rápidas, tuberías de material polimérico y teflón. Durante su almacenamiento se avaluó cada cuatro días la tasa de respiración, el contenido de ácido ascórbico y polifenoles de la pitahaya amarilla, con la finalidad de

comprobar la conservación o disminución de estos compuestos bioactivos que posee la fruta.

3.5.1. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS DE LA PITAHAYA AMARILLA

Conviene destacar el proceso que se llevó a cabo para el almacenamiento en atmósferas controladas de la pitahaya amarilla como se puntualiza a continuación en la Figura 7.

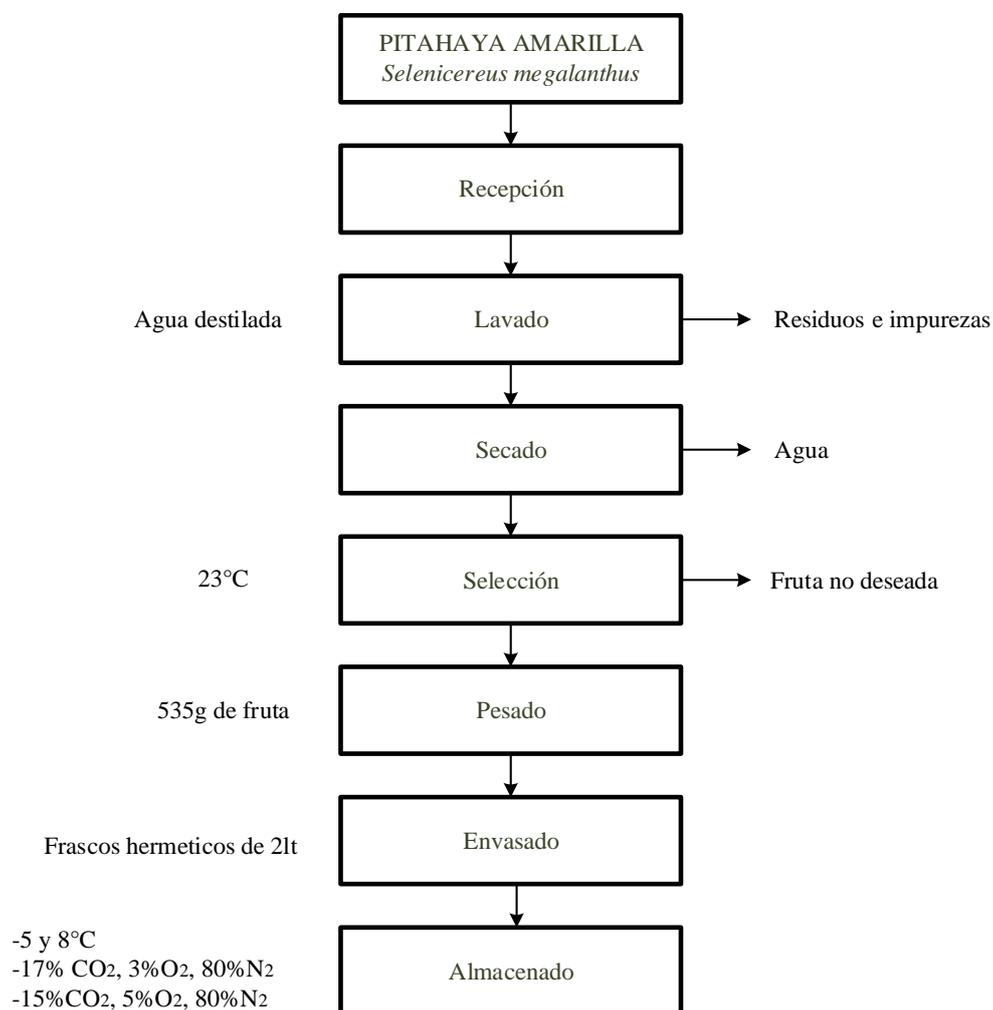


Figura 7 Flujo del proceso de desarrollo del experimento

3.5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS DE LA PITAHAYA

3.5.2.1.Recepción

Se realizó el proceso de poscosecha de la pitahaya amarilla de acuerdo a la escala de color 4 como lo establece la Norma Técnica Colombiana NTC 3554, (1996). Para lo cual, estos frutos cosechados fueron recibidos en fundas plásticas y cajas de cartón en el Laboratorio de Análisis e Innovación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte como se observa en la Figura 8.



Figura 8 Recepción de la pitahaya

3.5.2.2.Lavado

Se realizó el proceso de lavado de la pitahaya amarilla con agua destilada para separar impurezas adheridas a la superficie de la misma, como se ilustra en la Figura 9.



Figura 9 Lavado de la fruta

3.5.2.3.Secado

Luego se procedió a secar con papel absorbente para reducir totalmente la adherencia del agua en la cáscara de la fruta, como se muestra en la Figura 10.



Figura 10 Secado de la fruta

3.5.2.4.Selección

Seguidamente, se seleccionó la fruta con menores imperfecciones posibles y/o daños físicos, para evitar posteriores variaciones en los resultados de las mediciones aplicadas a la fruta y respectivos análisis físico-químicos, como se puede apreciar en la Figura 11.



Figura 11 Selección de la fruta

3.5.2.5.Pesado

Posteriormente se pesó aproximadamente 535g de fruta equivalente de 3 a 4 unidades, para cada unidad experimental. Para lo cual, se utilizó una balanza digital con una precisión de 0,1 y una capacidad máxima de 1kg, como se observa en la Figura 12.



Figura 12 Pesado de la pitahaya

3.5.2.6. Envasado

Previo al envasado se determinaron los análisis físicos-químicos y organolépticos de la fruta para contrarrestar las unidades experimentales y posteriormente se colocó la fruta aleatoriamente en cada frasco de vidrio hermético de 2lt, mismos que se encontraban en una cámara frigorífica. Y consecuentemente, se procedió al respectivo sellado de cada frasco, como se observa en la Figura 13.



Figura 13 Envasado de la pitahaya en Atmósferas controladas

3.5.2.7. Almacenamiento

Finalmente, se establecieron dos temperaturas de refrigeración a 8°C y 5°C por un tiempo establecido de 20 días de almacenamiento y fueron suministrados con dos corrientes de flujo continuo de gases de; 3% O₂, 17% CO₂, 80% N₂ y 5% O₂, 15% CO₂, 80% N₂, como se muestra en la Figura 14. Para lo cual, se realizó las evaluaciones respectivas de la tasa de respiración, polifenoles totales y ácido ascórbico a los días 0, 4, 12, 16 y 20 de almacenamiento. No obstante, al día 20 se valoró nuevamente los análisis físico químico y organolépticos de la fruta, para estimar la variación pertinente de sus propiedades. Cada valoración se realizó por triplicado y sus metodologías a desarrollarse se adjuntan en el Anexo 1.



Figura 14 Almacenamiento de la fruta en atmósferas controladas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pitahaya amarilla se obtuvo de la comunidad de Cielo Verde de la parroquia de García Moreno del cantón Cotacachi. Para la investigación se utilizaron pitahayas con puntas o mamilas ligeramente verdosas, como lo establece la escala de color 4 fijada con base en la Norma Técnica Colombiana 3554, (1996). En el presente capítulo se muestra los resultados obtenidos de la caracterización, evaluación de la tasa de respiración, contenido de polifenoles y ácido ascórbico de la pitahaya durante el almacenamiento de 20 días en atmósferas controladas.

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA PITAHAJA PREVIO Y AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

Previo a la investigación, se realizó los análisis físico-químicos de la pitahaya amarilla, con la finalidad de homogeneizar y establecer la unidad experimental. Y de la misma forma, se realizaron dichos análisis al terminar el periodo establecido de almacenamiento de la fruta.

4.1.1. ANÁLISIS FÍSICOS

En la Tabla 14, se muestran los resultados de las propiedades físicas (peso y textura) de la pitahaya, tanto de la materia prima como también de los diferentes tratamientos y testigos, es decir, evaluados a los 0 y 20 días de almacenamiento en atmósferas controladas.

Tabla 14 Análisis físicos de la pitahaya amarilla

Tratamiento/Testigo	Días de almacenamiento	Peso (g)	Textura (kg)
Materia prima	0	538,56 ± 2,05	1,16 ± 0,01
Tratamiento 1	20	528,53 ± 0,41	1,14 ± 0,00
Tratamiento 2	20	529,41 ± 0,43	1,14 ± 0,01
Tratamiento 3	20	530,16 ± 0,62	1,14 ± 0,02
Tratamiento 4	20	532,33 ± 0,52	1,15 ± 0,01
Testigo 1 (8°C, aire)	20	523,87 ± 0,27	1,12 ± 0,00
Testigo 2 (5°C, aire)	20	526,00 ± 0,82	1,13 ± 0,00

En referencia al peso, el promedio equivalente a la pérdida de peso de los tratamientos es 1,73% y para los testigos es de 2,53% con respecto a la materia prima. Para lo cual, Rodríguez et al (2005), recalcan que el patrón universal de pérdida de peso ocurre en todas las frutas durante su maduración, esto es debido, básicamente a la continua pérdida de agua y sustratos del fruto en forma de CO₂, es decir, a través de la respiración. Así como también ocurre por las influencias de las condiciones climáticas y atmosféricas que afecta sobre la composición de la fruta. Por otra parte, Magaña, Balbín, Corrales, Rodríguez & Saucedo (2006), corroboran que la pérdida de peso es menor en las frutas almacenadas en AC, que en aquellas que no estuvieron sometidas bajo tratamiento con AC.

Los valores de la textura de la pitahaya están expresados en kgf, es decir, fuerza de ruptura necesaria para deformar el fruto, cuyo valor de la materia prima al día 0 es de 1,16 ± 0,01 kgf lo que indica que es un fruto duro. Con base a los demás resultados obtenidos, después de los 20 días de almacenamiento en AC, los tratamientos presentan un promedio equivalente de disminución del 1,67%, mientras que los testigos presentan un mayor descenso de la textura del 2,94% con respecto a la materia prima. Arias y Ciro (2007), afirman que la textura de las frutas cambian debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares, por lo cual, las frutas se tornan más blandas y susceptibles a ser dañadas en condiciones atmosféricas normales. López, et al (2011), reportan que la textura de la fruta está relacionada con la pérdida de peso, es decir, que a menor pérdida de

peso menor es la pérdida de firmeza o textura, lo que se corrobora con los resultados de la presente investigación.

Por consiguiente, el color de los alimentos es el primer atributo visual que el consumidor valora y es determinado por la apariencia y la calidad del producto que presenta para su aceptabilidad o rechazo (Minguez. M, Perez. A, & Homero. D, 2010). Con base a estas consideraciones se evaluó el color de la pitahaya mediante los parámetros de Luminosidad (L^*), el croma (C) y el ángulo Hue (H), valores que se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15 Escala de CIE L, C, H de la pitahaya

	Luminosidad (L)	Croma (C)	Hue (H)
Materia prima	49,11 ± 0,99	12,75 ± 0,70	112,18 ± 1,19
Tratamiento 1	49,39 ± 0,81	13,11 ± 0,08	91,77 ± 0,45
Tratamiento 2	50,36 ± 0,99	13,45 ± 0,03	104,44 ± 0,40
Tratamiento 3	51,80 ± 0,40	13,55 ± 0,04	107,20 ± 0,86
Tratamiento 4	49,56 ± 0,23	13,56 ± 0,17	108,27 ± 0,90
Testigo 1	35,53 ± 0,81	13,95 ± 0,03	88,50 ± 0,62
Testigo 2	44,31 ± 1,31	13,86 ± 0,04	90,00 ± 0,14

Con base a los resultados obtenidos a los 20 días de almacenamiento, se determina entre los tratamientos y testigos presentan un promedio equivalente de luminosidad de 46,82. Para el croma se obtuvo un valor promedio de 13,58 estos valores no presentan una pureza definida porque existe una mezcla de verde y amarillo en la corteza o cáscara de la fruta razón por la cual, se reporta que el croma es bajo en todos los tratamientos. No obstante, el ángulo Hue es un parámetro que distingue diferentes tonalidades del color y el cual contiene un promedio general de 98,36 y por ende, se evidencia en la Figura 15 la variación de la coloración de la fruta presentada durante el almacenamiento, así como también la posición referencial de la materia prima.

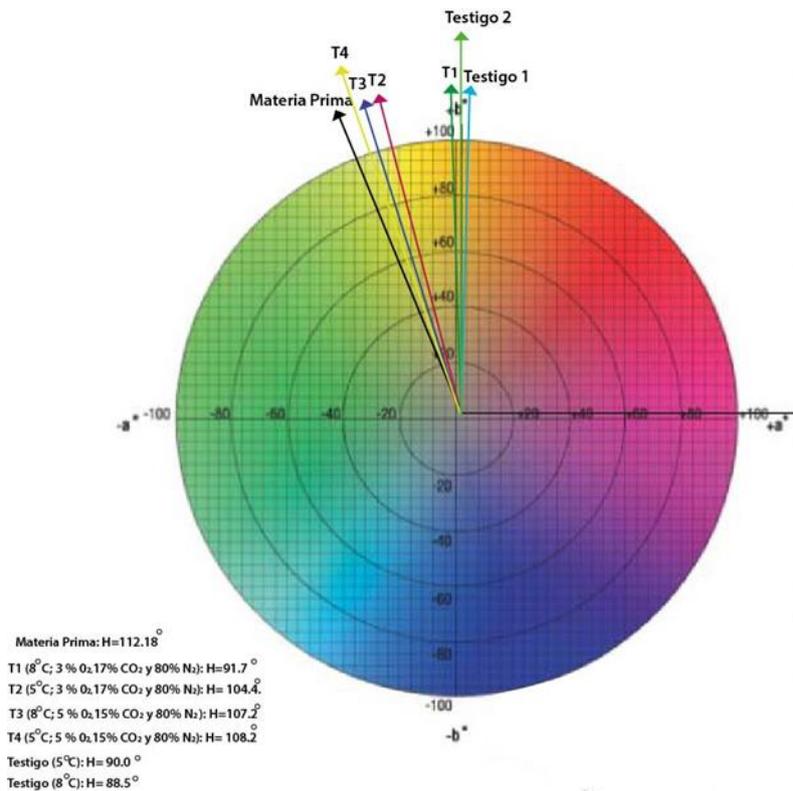


Figura 15 Escalas de color de la pitahaya durante el almacenamiento en AC

En la Figura 15, se puede distinguir la variabilidad de color que expresan las muestras con referencia al ángulo Hue (H), es decir, indica la posición angular de color de la fruta, la materia prima presenta un valor de $112,18 \pm 1,19$ como se puede observar el tratamiento 4 obtuvo una variación con un equivalente del 15,67% y a diferencia del testigo 1, que alcanzó una tonalidad del 33,33% con respecto a la materia prima, de tal forma que muestra una luminosidad baja debida a la degradación del color de la corteza de la fruta, por el inicio del proceso de senescencia.

Por otra parte, Fisher, et al (2005), afirman que la variación del color de los frutos se debe a la degradación de la clorofila que permite que se desenmascaren los pigmentos tales como carotenoides, y otros que se forman durante el desarrollo. Así como también varía de acuerdo al estado de madurez y a la aplicación de bajas temperaturas que permiten que se detenga el proceso de maduración e impida la acumulación de carotenoides y se reduzca la producción de etileno, por lo tanto, el cambio de la coloración es lento (Cortez & Roza, 2015)

4.1.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

En el presente estudio, se realizaron los análisis químicos sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez y pH a la pitahaya amarilla a los 0 y 20 días de almacenamiento como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16 Análisis químicos de la pitahaya

Tratamiento/ Testigo	Días de almacenamiento	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez titulable	Índice de madurez	pH
Materia prima	0	17,07±0,12	0,46±0,01	36,99±0,99	4,32±0,04
Tratamiento 1	20	17,28±0,02	0,37±0,01	46,10±1,13	4,37±0,01
Tratamiento 2	20	17,20±0,05	0,40±0,01	42,84±1,07	4,35±0,01
Tratamiento 3	20	17,33±0,01	0,41±0,01	41,79±0,91	4,80±0,01
Tratamiento 4	20	17,31±0,01	0,43±0,01	40,42±0,02	4,71±0,03
Testigo1(8°C)	20	17,40±0,02	0,35±0,01	49,05±1,24	5,10±0,08
Testigo2(5°C)	20	17,38±0,01	0,36±0,01	48,08±1,28	4,87±0,01

El contenido de sólidos solubles es una característica muy apreciada en los frutos de pitahaya debido a que este parámetro, es el que determina el dulzor de la fruta (Vasquez Castillo.W, y otros, 2016). En la Tabla 16, se puede evidenciar que la pitahaya en su estado inicial obtuvo 17,07±0,12 °Brix, valor similar al reportado por García y Robayo (2008) de 18,1°Brix. Adicionalmente, Cortez y Rozo (2015), explican que el incremento de azúcares se debe al producto de la hidrólisis de almidón o la síntesis de sacarosa y de la oxidación de los ácidos consumidos en el proceso de respiración. Por otra parte, conviene destacar que el tratamiento 2 a 5°C presenta el menor incremento de sólidos solubles con respecto a la materia prima, el cual alcanzó un valor de 17,19±0,01 °Brix, a diferencia del testigo 2 a la misma temperatura que alcanzó un valor de 17,40°Brix, estos resultados son similares al reportado por Vásquez et al, (2016) en refrigeración. No obstante, Magaña, Sauri, Corrales & Saucedo (2013) indican que las frutas conservadas en frío, puede mantener sus atributos de calidad con lo que respecta al contenido de SST y más aún cuando existe modificaciones de concentraciones gaseosas.

La acidez titulable para la pitahaya esta expresada como porcentaje de ácido cítrico. En la Tabla 16, el tratamiento 4 a una temperatura de 5°C, indica una menor reducción con un promedio equivalente del 7,22%, en comparación con el testigo 2 a 5°C que obtuvo una variación del 21,66%. Esto disminuye a medida que la fruta madura y es debido a que los ácidos orgánicos son usados en el proceso respiratorio y también la conversión de los azúcares (Fischer, Almanza & Miranda, 2014). Adicional, Magaña et al, (2006), testifican que la acidez se ve afectada y va disminuyendo, cuando las frutas son transferidas a las condiciones naturales de temperatura y puede ser que las AC controlan un poco el daño por el frío y ayudan a mantener la homogeneidad de la variación con respecto a este parámetro.

El índice de madurez es el método más usado para la cosecha de frutos y para su determinación se relacionó los sólidos solubles totales y acidez titulable. En la Tabla 15, se observa que existe una variación con un promedio equivalente del 13,69% para los tratamientos. Sin embargo, los testigos presentan mayormente una diferenciación del 23,83% con respecto a la materia prima. Asimismo, Rodríguez et al, (2005), resaltan que el comportamiento de esta variable está relacionado con el aumento del pH y la disminución del porcentaje de acidez, lo cual indica una continuidad en el proceso de maduración. No obstante Arias et al, (2007), mencionan que el sabor de los frutos depende del balance y la relación entre el dulzor y la acidez lo que hace que el incremento del estado de madurez ocasione un aumento de pH, sólidos solubles y una disminución de la acidez total, esto es, en consecuencia a la acumulación durante el desarrollo y debido a los principales procesos de maduración, como la respiración.

En cuanto a los resultados del pH, es evidente que los valores más altos de la fruta almacenada corresponden a los testigos que a los tratamientos. Por lo que, el testigo 2 a 5°C obtuvo una variación del 11,35%, mientras que el tratamiento 2 a la misma temperatura obtuvo una diferencia del 0,61% con respecto a la materia prima. El incremento del pH es consecuencia del consumo de los ácidos orgánicos siendo un comportamiento propio de los frutos climatéricos (Fischer et al., 2014).

De acuerdo con Alba et al, (2014) mencionan que el uso adecuado de las atmósferas controladas, puede disminuir la velocidad de respiración, actividad enzimática y los

cambios asociados a la senescencia, logrando con esto una menor degradación de los diversos compuestos que contiene la fruta y por ende reduce la pérdida de la calidad (Pinto et al., 2016). Para lo cual, coinciden que los tratamientos evaluados lograron obtener mínimas variaciones que los testigos durante el presente estudio.

4.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DE LA FRUTA DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS

En el presente estudio, se evaluó el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono de la pitahaya amarilla almacenada en un sistema completamente hermético, para el cual se trabajó con dos concentraciones (3% O₂, 17% CO₂ y 80% N₂; 5% O₂, 15% CO₂ y 80% N₂) y dos temperaturas de 8 y 5°C. Se valoró más dos testigos en condiciones atmosféricas normales y a las mismas temperaturas. Para dichas valoraciones se realizaron las tomas de lecturas de los porcentajes volumétricos del gas a los 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días de almacenamiento de la fruta.

4.2.1. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL OXÍGENO EN AC

En la Figura 16 (A), se puede evidenciar la tendencia de consumo de oxígeno de los tratamientos 1, 3 y testigo 1, durante el almacenamiento con una temperatura de 8°C. Lo cual indica, que el testigo 1 tiene un incremento de consumo de oxígeno hasta el día 12 de almacenamiento y posterior a este día, empieza a disminuir su consumo, esto es debido a que se encuentra en condiciones atmosféricas normales, con un promedio equivalente de 18,47% de O₂. A diferencia del tratamiento 1, que presenta bajos niveles de consumo el cual se encuentra con una concentración del 3% O₂. No obstante, el tratamiento 3 se halla con una concentración de 5% de O₂, en el cual se considera que mantiene una estabilidad de consumo de oxígeno hasta el día 12 de almacenamiento y a partir de este día empieza a reducir su consumo.

En la Figura 16 (B), se determina el consumo de oxígeno de la pitahaya para el tratamiento 2, 4 y el testigo 2 durante el almacenamiento con una temperatura de 5°C. Cabe indicar que el testigo 2 presenta un comportamiento más alto de consumo de oxígeno a diferencia de los tratamientos 2 y 4. Para lo cual el tratamiento 2

muestra un descenso de consumo de oxígeno a medida que avanzan los días de almacenamiento, esto es debido a que se encuentra almacenado con una concentración del 3% de O₂. Sin embargo, el tratamiento 4 tiende a disminuir su consumo hasta el día 4 de almacenamiento y su punto máximo de climaterio es en el día 12 de almacenamiento encontrándose este tratamiento con una concentración del 5% de O₂.

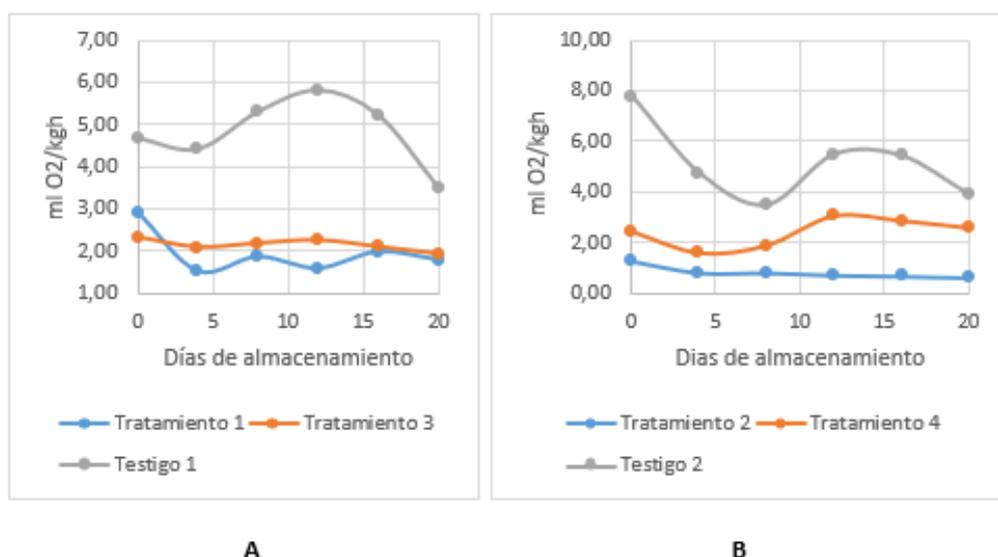


Figura 16 Cinética de respiración del oxígeno de la pitahaya en atmósferas controladas; A(8°C), B(5°C)

En la Tabla 17, muestra el análisis de varianza para el oxígeno, lo cual se comprueba que tanto para los tratamientos, así como para el factor A (temperaturas), factor B (concentraciones de gases) y sus interacciones son altamente significativos, razón por la cual se acepta la hipótesis alternativa, debido a que las temperaturas y concentraciones de gases influyen sobre los tratamientos. Previo al desarrollo del análisis estadístico se utilizó la prueba de Shapiro Wilk y Bartlett Test y se determinó que existe normalidad y homogeneidad de varianzas ya que el p-valúe en las dos pruebas fue mayor al 5% del nivel de significancia. Además, se obtuvo un coeficiente de variación del 3,89% el cual refleja que hubo un correcto manejo del experimento.

Tabla 17 Análisis de varianza de la variable del Oxígeno

Fuentes de variación	SC	GL	CM	Fo
Tratamientos	21,94	5	4,39	605,34 **
Factor A(Temperaturas)	0,17	1	0,17	17,33 **
Factor B (Concentración de gases)	3,36	1	3,36	341,72 **
Factor A vs Factor B	2,49	1	2,49	253,57 **
Ts1 y Ts2 vs Resto	15,64	1	15,64	2157,52 **
Ts1 vs Ts2	0,28	1	0,28	38,26 **
Error	0,09	12	0,01	
Total	22,03	17		

SC: suma de cuadrados, **GL:** grados de libertad, **CM:** cuadrados medios, **Fo:** F tabular,

** Altamente significativo, * Significativo

Al presentar una alta significancia, se realizó el análisis funcional de Tukey para los tratamientos, como se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18 Prueba de Tukey para los tratamientos del oxígeno

Tratamientos/ Testigos	Medias	N	EE	
Tratamiento 2	0,63	3	0,05	a
Tratamiento 1	1,78	3	0,05	b
Tratamiento 3	1,93	3	0,05	b
Tratamiento 4	2,60	3	0,05	c
Testigo 2	3,58	3	0,05	d
Testigo 1	2,84	3	0,05	e

Se puede demostrar que permitió el agrupamiento de medias en cinco rangos estadísticos, siendo el tratamiento 2 (3% O₂, 17% CO₂ y 80% N₂; 5°C) quien posee los valores más bajos de consumo de oxígeno durante el almacenamiento. De acuerdo a Rengel y López (2012), se puede testificar que ocurrió un proceso de respiración anaerobia (ausencia de oxígeno <1-3% O₂) lo cual generaron productos de fermentación (etanol, acetaldehídos y lactato). Por otra parte, existe una diferencia significativa con el testigo 1, el cual se encuentra con el rango más alto de consumo de O₂ durante el almacenamiento en atmósferas controladas. Por cuanto tiene una respiración aerobia, lo cual utiliza la materia orgánica presente en los tejidos vegetales, originando de esta manera cambios o pérdida de fitonutrientes, esto se debe a que si aumenta la concentración de oxígeno aumenta la velocidad de

respiración y posteriormente conlleva a la pérdida de nutrientes de la fruta (López & Rangel, 2012).

Por otra parte, la temperatura es parte de los factores que influyen en el deterioro del producto. Lo cual, modifica el efecto del etileno y de los niveles residuales de O₂ y altos de CO₂ en el producto cosechado, además afectan directamente el ritmo respiratorio de las frutas y la germinación de esporas de los hongos y posterior desarrollo de patógenos (Arias, 2007).

4.2.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN AC

En la Figura 17 (A), se puede observar la producción del dióxido de carbono durante los 20 días de almacenamiento a una temperatura de 8°C. Lo cual, se deduce que el testigo 1 en concentraciones de gas normal presenta una disminución de producción del CO₂ a partir del día 4 de almacenamiento, a medida que avanzan el tiempo, la fruta presenta menor producción de CO₂, en comparación con el tratamiento 1, que presenta estabilidad de producción de CO₂, encontrándose este con una concentración del 17% de CO₂. En tanto que, el tratamiento 3 se puede observar que a partir del día 4 de almacenamiento presenta un leve incremento de producción de CO₂, hallándose con concentraciones del 15%.

Por otra parte, en la Figura 17 (B), muestra el comportamiento de producción del CO₂ de los tratamientos 2, 4 y testigo 2, con una temperatura de almacenamiento de 5°C. De acuerdo a los resultados que se obtuvieron, el testigo 2 muestra un incremento de producción del CO₂, el día 12 de almacenamiento indica su punto máximo de producción. En comparación con el tratamiento 2 que mantiene una estabilidad de producción de CO₂ durante el almacenamiento con una concentración del 17% CO₂. A diferencia del tratamiento 4 que es suministrado con una concentración del 15% CO₂ como se puede observar que los primeros días de almacenamiento presentó una disminución de su producción a partir del día 5 muestra un incremento hasta el día 12 y posterior a este día tiende a disminuir la producción de CO₂ durante el almacenamiento.

De acuerdo con Cortez (2015), destaca que a menor temperatura es menor la respiración de la fruta. Los tratamientos conservados a menor temperatura tienden a cambiar lentamente de coloración, así como también en los testigos. Ya que el proceso de respiración ocurre a expensas de las sustancias de reservas (azúcares, almidones, etc.) las que son oxidadas con el consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono.

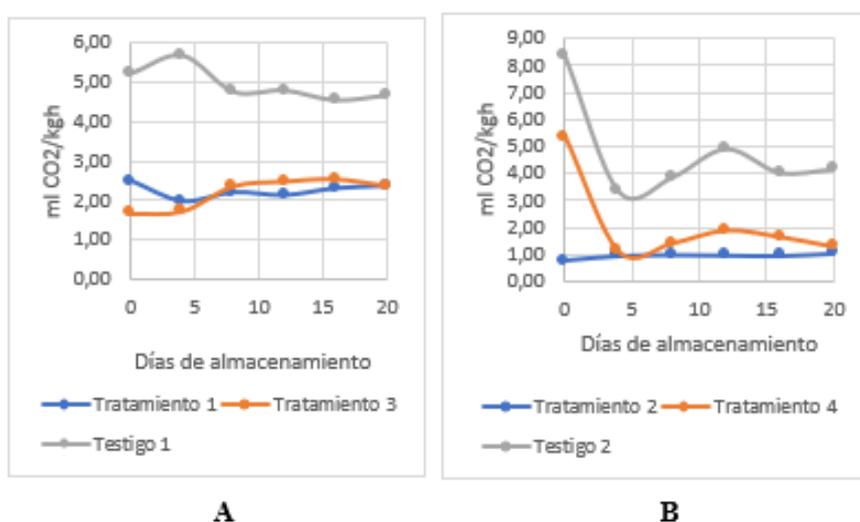


Figura 17 Cinética de respiración del CO₂ en AC; A(8°C), B(5°C)

Al realizar el análisis estadístico de los resultados de producción de CO₂ que se obtuvieron durante el almacenamiento, presentaron como datos no paramétricos, para lo cual se utilizó la prueba Kruskal Wallis como se puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19 Prueba de Kruskal Wallis para el CO₂

Tratamientos	Medianas	D.E	p-valué
Tratamiento 1	2,34	0,08	0,0064
Tratamiento 2	1,09	0,03	
Tratamiento 3	2,39	0,04	
Tratamiento 4	1,28	0,11	
Testigo 1	4,63	0,05	
Testigo 2	4,24	0,01	

Para argumentar estos resultados, se realiza una prueba de rangos, como se muestra en la Tabla 20, lo cual indica que existen dos, el primero corresponde para los tratamientos y muestran como las mejores variables evaluadas porque presentan una menor producción de CO₂. En comparación con los testigos que indican un incremento de CO₂ durante el almacenamiento. De ahí conviene señalar, que el tratamiento 2 presenta la menor producción de CO₂ con una media de 1,09 ml CO₂/Kgh hallándose con una temperatura de 5°C y con una concentración del 17% de CO₂. Sin embargo, la fruta en este tratamiento presentó daños fisiológicos lo que concuerda con Rangel y López (2012) quienes manifiestan que la acumulación excesiva de CO₂ genera daño en la membrana celular y en la fisiología del producto ocasionando pérdida de firmeza y oscurecimiento enzimático. Por otra parte, el testigo 1, presenta un incremento, con una media de 4,63 ml CO₂/Kgh y a una temperatura de 8°C y en concentraciones de gases ambientales (aire). Esto se debe a que la concentración del dióxido de carbono influye sobre el almacenamiento de la fruta.

Tabla 20 Prueba de rangos para la producción de CO₂

Tratamientos/testigos	Medianas	Ranks		
Tratamiento 2	1,09	2	a	
Tratamiento 4	1,28	5	a	
Tratamiento 1	2,34	9	a	b
Tratamiento 3	2,39	10	a	b
Testigo 1	3,45	14		b
Testigo 2	3,81	17		b

Por otra parte, Vicente et al, (2016) mencionan que, si los niveles de gases no son adecuados pueden dañar a los productos exacerbando el deterioro. Para el O₂ normalmente no se recomienda el almacenamiento en concentraciones de 1-3%. Una excepción para esto son los frutos secos, en los que, debido a su muy baja actividad metabólica, el almacenamiento al vacío puede ser una opción. La remoción total del oxígeno permite retrasar el oscurecimiento de las nueces que reduce su calidad y valor comercial a la vez disminuye los polifenoles. En ciertos casos, el alto nivel de CO₂ puede dañar a los vegetales. La tolerancia al CO₂ es

marcadamente dependiente del producto. En efecto, la frutilla puede almacenarse sin problema con niveles de hasta 15% CO₂ sin daños. En manzanas se recomienda valores cercanos al 3% y en lechugas puede ocurrir pardeamiento por encima de 1% (López & Rangel, 2012).

4.3. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURAS DE REFRIGERACIÓN

4.3.1. INFLUENCIA DE LAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES

La determinación de polifenoles totales, se realizó con la ayuda de una curva de calibración para lo cual, se utilizó ácido gálico en concentraciones de 0 a 50 ppm con un coeficiente de correlación de $R^2=0,9971$ valor cercano al 1, el cual indica, que el modelo lineal es adecuado para describir la relación entre absorbancia y la concentración.

Previo a realizar la cuantificación de polifenoles totales, procedimiento especificado en el Anexo 1. Se caracterizó el contenido de polifenoles totales de la materia prima, con la finalidad de establecer el comportamiento de este compuesto durante el almacenamiento. En la Figura 18 (A) se ilustra, el comportamiento de polifenoles totales a los 0, 4, 8, 12,16 y 20 días de almacenamiento en atmósferas controladas con una temperatura de 8°C.

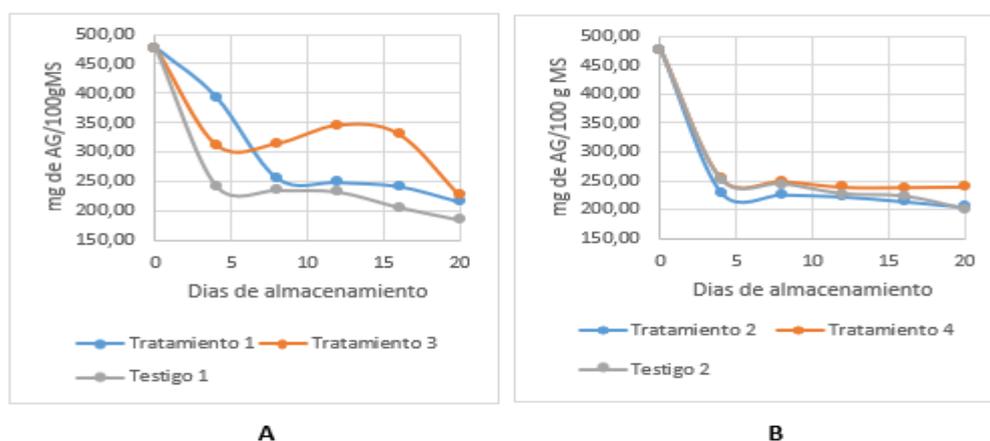


Figura 18 Contenido de polifenoles en atmósferas controladas; A(8°C), B(5°C)

Como se puede observar en la Figura 18 (A), el testigo 1, provisto de gas en concentraciones de aire normal, presenta una disminución a medida que avanza los días de almacenamiento. Para lo cual, Vicente et al, (2016) mencionan que es frecuente observar un descenso durante su maduración. De acuerdo con Gruz et al, (2011) resaltan que, el contenido de polifenoles totales disminuye a medida que madura la fruta, este comportamiento se debe al metabolismo de la fruta. Características similares fueron encontradas en estudios realizados en níspero donde también presentaron una disminución de estos compuestos a medida que la maduración progresó. Por consiguiente, el tratamiento 1 tiene una mayor concentración de polifenoles en el día 4 y seguidamente muestra una disminución, este comportamiento se debe a que factores ambientales influyeron sobre la cosecha y las concentraciones de gases aplicadas en el almacenamiento. Para lo cual Flores, et al (2015) recalcan que las concentraciones de fenoles totales significativamente son mayores cuando son cosechadas en épocas de lluvias que en épocas secas, es decir existen una mayor actividad de dichos metabolitos.

Por otra parte, Mercado (2000) agrega que, la modificación de la atmósfera, tal como el incremento de la concentración de CO₂ y/o la disminución de O₂ cuando los niveles de estos gases no son adecuados se puede dañar al producto por inducción al metabolismo anaerobio, lo que da lugar a la senescencia del producto. No obstante, en el tratamiento 3, existe un leve incremento a partir del día 5 a los 12 días de almacenamiento y posteriormente empieza su depreciación. De acuerdo con Vicente, et al (2016) testifican, que al existir malos cortes durante su cosecha, abraciones o compresiones durante su traslado, la fruta posee efectos contrapuestos en los niveles de compuestos fenólicos, por un lado induce su biosíntesis, probablemente como una respuesta defensiva. Así es ver como el daño incrementa la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), regulatoria en la ruta de la síntesis de fenil-propanoides. Sin embargo, más allá de estimular la biosíntesis de polifenoles, puede en muchos casos favorecer, por múltiples causas su degradación.

Por otro lado, en la Figura 18 (B) indica el comportamiento de polifenoles totales con una temperatura de 5°C. Para lo cual, se evidencia que el tratamiento 4 presenta

una disminución y su comportamiento es significativo durante el almacenamiento a diferencia del tratamiento 2 y testigo 2 que tienden a reducir a medida que continua el periodo de almacenamiento. Esta degradación se debe a la acción de la enzima polifenoloxidasa (PPO) la cual, es capaz de oxidar compuestos fenólicos, este proceso se ha relacionado con el deterioro de la fruta y la influencia de las condiciones ambientales en la que la fruta se encuentra. Por cuanto, se altera la estructura del tejido, los compartimientos separados por la PPO celular y los sustratos polifenólicos generalmente están desorganizados y posteriormente la enzima y los polifenoles se unen y rápidamente forman quinonas poliméricas por oxidación enzimática (Concellón, Añón & Chaves, 2004). Por otra parte, en algunos productos se ha descrito que la baja temperatura puede, ocasionar un estrés moderado, estimular las síntesis de polifenoles con el desarrollo al ser almacenadas en frío.

En la Tabla 21, se muestra el análisis de varianza en el cual presenta una alta significancia con respecto a los tratamientos, al factor B (concentraciones de gases), la interacción del factor AxB, a excepción para el factor A (temperaturas) que presentan valores no significativos, por lo que se rechaza la hipótesis nula debido a que la aplicación de distintas concentraciones de gases afecta el contenido de polifenoles totales durante el almacenamiento. Previo a este análisis estadístico se utilizó la prueba de Shapiro Wilk y Bartlett Test y se determinó que si existe normalidad y homogeneidad de varianza ya que el p-valor en las dos pruebas fue mayor al 5% del nivel de significancia. Además, se obtuvo un coeficiente de variación del 2,26%, lo cual refleja que hubo un correcto manejo del experimento.

Tabla 21 Análisis de varianza de los polifenoles totales en AC

Fuentes de variación	SC	GL	CM	Fo
Tratamientos	5880,97	5	1176,19	50,95 **
Factor A (Temperatura)	0,62	1	0,62	0,02 ns
Factor B (Concentración de gases)	1604,76	1	1604,76	52,11 **
Factor A vs Factor B	415,48	1	415,48	13,49 **
Ts1 y Ts2 vs Resto	3479,62	1	3479,62	150,74 **
Ts1 vs Ts2	380,49	1	380,49	16,48 **
Error	277,01	12	23,008	

Total	6157,98	17
-------	---------	----

Nota: ** Altamente significativo, * Significativo, ns No significativo

Al presentar significancia se realizó la prueba Tukey para los tratamientos como se muestra en la tabla 22, en el cual se pueden diferenciar cinco rangos, donde el tratamiento 4 (5% O₂, 15% CO₂ 80% N₂; 5°C) posee el rango estadístico con el valor más alto de medias en comparación con el testigo 1, que presenta el valor estadístico más bajo con respecto al valor de la materia prima evaluada durante el almacenamiento. Por otra parte, estudios han demostrado que a temperaturas bajas las reacciones de polifenoles con las proteínas y la acción de las enzimas polifenoloxidasas ocasionan la disminución de los compuestos fenólicos, es decir tardan en suceder (Cortez & Roza, 2015).

Tabla 22 Prueba de Tukey de Polifenoles

Tratamientos/testigos	Medias mg EAG/100g MS	Rangos
Materia prima	477,08	
Tratamiento 4	239,64	a
Tratamiento 3	227,42	a b
Tratamiento 1	216,06	b c
Tratamiento 2	204,74	c d
Testigo 2	200,43	d
Testigo 1	184,51	e

No obstante, se realizó la prueba de significancia DMS para el factor B (concentraciones de gases) como se puede observar en la tabla 23, lo cual indica que, con la segunda concentración de gases se obtiene los contenidos más altos de los compuestos de polifenoles totales.

Tabla 23 Prueba DMS para el Factor B

Factor B	Medias	Rangos
2	233,53	a
1	210,4	b

4.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DEL ÁCIDO ASCÓRBICO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS

Para la presente evaluación, se procedió a determinar el ácido ascórbico cada 4 días durante todo el almacenamiento. Cabe resaltar que, en frutos y vegetales frescos, el ácido ascórbico se utiliza como un parámetro para determinar la calidad durante el almacenamiento. Y al ser uno de los compuestos que contribuye al mejoramiento de la salud, en la actualidad existe alta tendencia por consumir alimentos ricos con este compuesto (Badui, 2006).

En efecto en la Figura 19 (A), se observa el comportamiento que presentó el ácido ascórbico durante los 20 días de almacenamiento en atmósferas controladas con una temperatura de 8°C, se evidencia que el tratamiento 1, 3 y testigo 1 tiene una disminución prolongada durante el almacenamiento. No obstante, Badui (2006), menciona que el contenido varió de manera significativa y de acuerdo con los factores relacionados al manejo poscosecha, preparación y el almacenamiento.

En la Figura 19 (B), se aprecia las tendencias del comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento a una temperatura de 5°C. Para lo cual, se comprueba que el tratamiento 2, 4 y testigo 2 su contenido se reduce a medida que avanza los días de almacenamiento. Por otro lado, el testigo 2 muestra una disminución prolongada de esta propiedad debido a que la tasa de respiración durante el almacenamiento fue mayor. Sin embargo, en el tratamiento 4 la curva de degradación del contenido es menor. Esto se debe a que el ácido ascórbico es muy inestable debido principalmente a la actividad del enzima ácido ascórbico oxidasa y su reacción influye con el oxígeno en presencia de iones metálicos, luz y la temperatura.

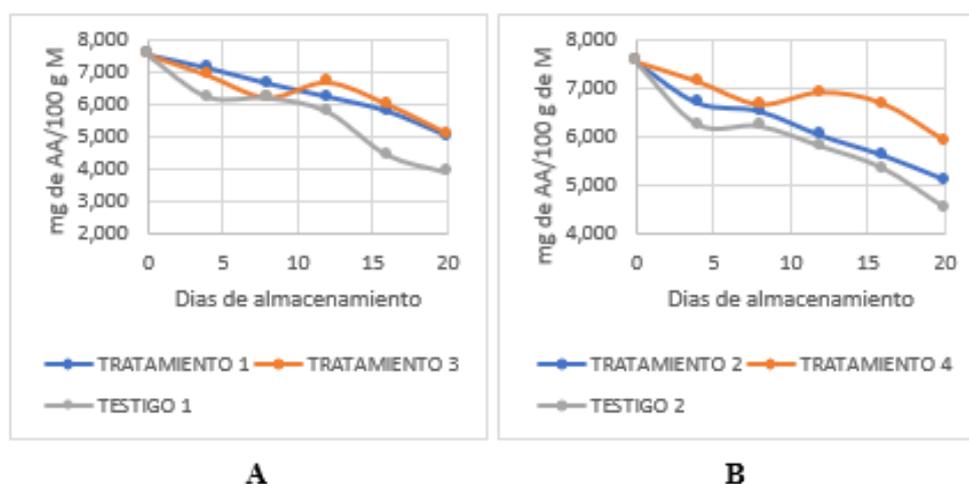


Figura 19 Cinéticas del comportamiento del Ácido Ascórbico en AC; A(8°C), B(5°C)

El análisis de varianza del ácido ascórbico en AC se especifica en la Tabla 24, en el cual se puede confirmar que tanto para los tratamientos, así como para el factor A (temperaturas) y factor B (concentraciones de gases) presentan diferencias altamente significativas, razón por la cual se rechaza la hipótesis nula, debido a que las concentraciones y temperaturas de almacenamiento afectan directamente sobre el contenido del ácido ascórbico durante el almacenamiento. En el análisis de esta variable se determinó que existe normalidad de datos y homogeneidad de varianza ya que el p-valué en las dos pruebas realizadas fue mayor al 5% del nivel de significancia. Además, se obtuvo un coeficiente de varianza del 4,09%, lo cual indica que hubo un correcto manejo del experimento.

Tabla 24 Análisis de varianza de Ácido Ascórbico en AC

Fuentes de variación	SC	GL	SC	Fo
Tratamientos	6,73	5	1,35	32,965 **
Factor A (Temperatura)	0,6	1	0,6	14,41 **
Factor B (Concentración de gases)	0,59	1	0,59	13,98 **
Factor A vs Factor B	0,39	1	0,39	9,20 **
Ts1 y Ts2 vs Resto	4,59	1	4,59	112,3 **
Ts1 vs Ts2	0,57	1	0,57	13,97 **
Error	0,49	12	0,04	
Total	7,22	17		

Nota: ** Altamente significativo, * Significativo

Por otra parte, se llevó a cabo el análisis funcional de Tukey para los tratamientos como se presenta en la Tabla 25, se puede diferenciar que existe cuatro rangos estadísticos, para lo cual es notable que el tratamiento 4, presentó una menor pérdida del ácido ascórbico durante el almacenamiento en atmósferas controladas, a diferencia del testigo 1 es el que mayor degradación alcanzó del contenido de vitamina C durante el estudio realizado.

Tabla 25 Prueba de Tukey para el contenido Ácido Ascórbico en AC

Tratamientos/testigos	Medias mg de Ácido Ascórbico/100 g fruta	Rangos
Materia prima	7,57	
Tratamiento 4	5,92	a
Tratamiento 3	5,12	b
Tratamiento 1	5,12	b c
Tratamiento 2	5,03	b c
Testigo 2	4,54	c
Testigo 1	3,92	d

Estudios realizados por Rodríguez et al, (2005), presentaron resultados similares con respecto a los testigos estudiados. Por cuanto a la disminución del ácido ascórbico es debido al efecto del incremento de la temperatura porque acelera el proceso de maduración y senescencia de la fruta. Por otra parte, el ácido ascórbico es oxidado reversiblemente para formar ácido deshidroascórbico, que también exhibe actividad biológica, pero es muy inestable y se oxida rápidamente a ácido dicetogulónico que no presenta actividad biológica. Esta reacción puede ser catalizada por ascorbato oxidasa, una enzima abundante en vegetales. La baja degradación del ácido ascórbico obtenida en este estudio en las frutas de AC puede deberse a una reducida actividad de ascorbato oxidasa y ascorbato peroxidasa que requieren altas concentraciones de O₂ para funcionar (Valenzuela, Juárez, Torres, Angulo & García, 2011).

No obstante, la oxidación de la vitamina C tiene lugar en presencia de oxígeno por la ascorbinasa esto puede suceder también en condiciones totalmente anaeróbica e

incluso después de la inactivación completa de la enzima, esto indica que el ácido ascórbico se auto-oxida lentamente (Dominguez & Ordoñez, 2014).

Según la prueba de significancia de DMS para los factores; factor A (Temperaturas) y factor B (Concentraciones de gases) presentada en tablas 26 y 27, respectivamente demuestran que la temperatura a 5°C presenta el mayor rango de conservación con respecto al contenido de ácido ascórbico. Así como también se determina que la segunda concentración de gas permite mantener el ácido ascórbico de la fruta durante el almacenamiento.

Tabla 26 DMS para el Factor A

Factor A	Medias	
2	5,52	a
1	5,08	b

Tabla 27 DMS para el Factor B

Factor A	Medias	
2	5,52	a
1	5,08	b

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Una vez realizados los análisis fisicoquímicos (peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles) y organolépticos (color y textura) de la pitahaya previo y al final del almacenamiento en atmósferas controladas se determinó que el promedio de variación de estas propiedades fue mínimo en comparación con la fruta que no fue almacenada en AC, lo cual permitió prolongar la conservación de sus propiedades.
- La pitahaya almacenada con concentraciones del 3% O₂ y concentraciones de 17% CO₂, obtuvo un comportamiento de respiración anaerobio, lo cual produjo el inicio del proceso de fermentación y posteriormente la fruta comenzó con su proceso de senescencia.
- La temperatura de 5°C con una concentración gaseosa de 5% de O₂ y 15% CO₂, retrasó el proceso proporcional de degradación de las propiedades funcionales, tanto para el ácido ascórbico y polifenoles totales. Lo cual indica, que el tratamiento 4 preservó mejor sus propiedades durante el almacenamiento en AC.

- En función a los análisis estadísticos realizados y a los factores estudiados se concluye que las temperaturas y concentraciones de gases aplicadas influyeron sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la fruta para lo cual, se acepta la hipótesis alternativa.

5.2. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones:

- Se recomienda realizar la evaluación sensorial a través de un panel de catadores al final del almacenamiento para corroborar las percepciones organolépticas y de esta manera ratificar el beneficio de las concentraciones de gases aplicadas a la fruta.
- Para el planteamiento de posteriores estudios de conservación poscosecha de la pitahaya, se recomienda aplicar otros métodos de conservación como atmósferas modificadas, almacenamiento al vacío, así como deshidratación para determinar el mejor método de conservación de la fruta.
- Se recomienda evaluar la actividad antioxidante de la pitahaya y determinar el contenido funcional durante el almacenamiento de la fruta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba, J., Chávez, J., Verdalet, I., Martínez, A., & Aquino, E. (2014). Betalaínas, polifenoles y actividad antioxidante en tuna roja. *Gayana Botánica*, 222-226.
- Angos, I., Vírveda, P., & Fernández, T. (2007). Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Science Direct*, 9.
- Arias Velazquez, J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. *Técnicas mejoradas de postcosecha, procesamiento y comercialización de frutas* (pág. 136). Roma: FAO.
- Arias, V. C., & Toledo, H. J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*, 136.
- Asensi, F. M., & Munné, B. S. (2010). Vitamins In plants: occurrence, biosynthesis and Antioxidant function. *Trends Plant Science*, 582-592.
- Atilio, J. J., Rebolledo, R. A., & Kondo, T. (2013). *Manual Técnico. Tecnología para el manejo de pitaya amarilla Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel)*. Bogotá: Produmedios.
- Badui, D. S. (2006). Química de los alimentos. En V. y. inorganicos, *Badui Dergal*, Salvador; (págs. 387-396). Mexico: PEARSON.
- Bolaños, P. G., & Calero, G. C. (2015). *Calidad Poscosecha y Componentes bioactivos de la pitahaya (Hylocereus triangularis)y guayaba (Psidium guajava) debido a índices de madurez y temperatura de conservación*. Sangolqui: ESPE.
- CEZA. (06 de 11 de 2010). *Universidad de Chile*. Obtenido de Pitahaya: <http://www.provar.uchile.cl/doc/PITAHAYA%202011.pdf>

- Concellón , A., Añón , M., & Chaves, A. (2004). Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) during storage at low temperature. *ELSEVIER*, 17-24.
- Corpoica. (10 de 11 de 2013). *Tecnología para el manejo de pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus**. Obtenido de Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria: http://people.scalenet.inf/wp-content/uploads/2009/1/Manual-manejo-pitahaya-amarilla_2013.pdf
- Cortez, G., & Rozo, W. (2015). Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 87-97.
- De la Vega, J. C., Pinto, M. N., & Cañarejo, M. (2016). Utilizacion del metodo de conservacion bajo atmosferas controladas en frutas y hortalizas. *Agroindustrial Science*, 2-8.
- Departamento del META NIT 892.000.148-8. (2015). Guía para la validación de métodos de ensayo. *Secretaria de salud del META*, 26.
- Dominguez, E., & Ordoñez, E. (2014). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, VITAMINA C DE ZUMOS CÍTRICOS DE LIMA DULCE (*Citrus limetta*), LIMÓN TAHITÍ (*Citrus latifolia*), LIMÓN RUGOSO (*Citrus jambhiri* Lush) Y MANDARINA CLEOPATRA (*Citrus reshni*) ALMACENADOS EN REFRIGERACIÓN. *Investigación y Mazonía*, 30-35.
- Esquibel, P., & Araya, Y. (2012). *Pitayaha (*Hylocereus* sp) fruit characteristics and in potencial use in the food industry*. Costa Rica: Escuela de Tecnologia de Alimentos. Universidad de Costa Rica.
- Fennema, O. (2014). Introducción a la química de los alimentos. En J. F. Gregory, *Vitaminas* (pág. 94). Florida: Universidad de Florida, Gainesville .
- Ferrer. A, Remon. S, Neguenela. A, & R. O. (2005). Changes during ripening of the very late season Spanish pech cultivar Calanda Feasibility of using

- CIELAB coordinates as maturity indices. . *Scientia Horticulturae*, 105, 435-446.
- Fisher, G., Almanza, M. P., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1)-15.
- Flores Rueda, N., Guzmán , I., Parra, I., Peralta , B., & Armenta , A. (2015). Polifenoles y actividad antioxidante de extractos de *Phyllonoma Laticuspis* (Turez) Engl. *Tlamati*, 20-23.
- Fonseca, S., Oliveira , F., & Brecht, J. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review . *El Sevier*, 21.
- Garcia Martinez , E., Fernandez Segovia, I., & Fuentes Lopez , A. (22 de 06 de 2015). *Departamento de Tecnologías de Alimentos*. Obtenido de ETSIAMN. Universidad Politecnica de Vlencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%C3%ADnez%20et%20al.pdf?sequence=1>
- García, M. C. (16 de 04 de 2016). *Pitahaya: Cosecha y poscosecha*. Obtenido de Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/316159055>
- Garcia, M., & Robayo , P. (2008). Evaluacion del uso de atmosferas modificadas pasivas y temperaturas bajas en la conservacion de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Shuman). *Revista Corpoica- Ciencia y Tecnologia agropecuaria*, 30-39.
- Gruz , J., Ahmet, F., Torun, H., & Strnad, M. (2011). Phenolic acid content and radical scavenging activity of extracts from medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit at different stages of ripening. *Food Chemistry*, 124(1),271-277.
- Gustavsson , J., Cederberg, C., & Sonesson , U. (2012). Perdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. *Save food- FAO*, 42.

- Hernandez, M., Barrera , J., & Melgarejo, L. (2010). *Fisiología poscosecha*.
Obtenido de Experimentos en fisiología vegetal :
<http://www.bdigital.unal.edu.co/8545>
- Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M. F., Verdugo, K., & Coba, S. P. (2015). Desarrollo de la pitahaya " *Cereus sp*" en Ecuador. *La Granja*, 8.
- INAMHI. (22 de 11 de 2019). *Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología*.
Obtenido de RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS:
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- INEN. (2003). Norma Técnica Ecuatoriana. *Frutas frescas. pitahaya*, (pág. 12).
- Lim, T. K. (2012). *Hylocereus megalanthus*. *Edible Medicinal and Non-medical Plants*, 640-642.
- Lopez , J., Valverde , F., Mejia , S., Lopez , G., & Vega , M. (2011). Efecto del almacenamiento en atmosfera controlada sobre a calidad poscosecha y nutricion del tomate. *Chapingo Serie orticultura*, 17(2) 115-128.
- López, M., & Rangel, M. M. (2012). GITeP, Grupo de Investigación en Tecnología Poscosecha, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET-UNLP) y Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA, FCAyF,UNLP). *GITeP, Grupo de Investigación en Tecnología Poscosecha, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET-UNLP) y Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA, FCAyF,UNLP).*, 94-109.
- MAG. (2018). *Ayuda memoria situacion comercial de la pitahaya*. Quito:
Direccion de comercializacion .
- Magaña Benitez, W., Balbín , A., Corrales , G., Saucedo, V., & Sauri , D. (2010). Frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) frigocoservadas a 4°C en atmosferas controladas. *Iberoamerica de Tecnología Poscosecha*, 143-147.
- Magaña Benitez, W., Sauri Duch, E., Corrales Garcia , J., & Saucedo Veloz, C. (2013). Variaciones bioquímicas- fisiológicas y físicas de las frutas de

- pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenadas en ambiente natural. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, págs. 21-30.
- Mercado Silva, E. (2000). Mecanismos bioquímicos de fisiopatías importantes de frutas. *Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos*, 5-20.
- Minguez, M, Perez, A, & Homero, D. (2010). *Pigmentos crotenoides en frutas y vegetales; mucho mas que simples "colorantes" naturales*. Sevilla-España: Grupo de Química y Bioquímica de pigmentos. Departamento de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa (CSI).
- Montoya, D. (1 de 11 de 2005). *Tecnología de atmósferas controladas para frutas y hortalizas, caso de estudio aguacate(Persea Americana) variedad hass*. Obtenido de Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <http://oaji.net/articles/2017/5082-1499957743.pdf>
- Norma Técnica Colombiana. NTC 3554. (1996). Frutas frescas. Pitahaya amarilla. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)*, 1-14.
- Norma Técnica Colombiana. NTC 3554. (1996). Frutas Frescas. Pitahaya amarilla. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)*, 1-14.
- ONODC. (2010). Validación del método. *Directrices para la validación de métodos analíticos y la calibración del equipo utilizado para el análisis de drogas ilícitas en materiales incautados y especímenes biológicos*, 76. Nueva York: Oficina de la Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.
- Paredes, B. K. (2016). *Estudio del efecto del hidrofriamiento y la utilización de dos tipos de empaque en la calidad poscosecha de pitahaya amarilla*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Parzanese, M. (2010). Envasado en atmósferas modificadas y controladas. *Alimentos Argentino* (pág. 11). Argentina: MinAgri.

- Porojnia, M. E. (2016). *Proyecto de factibilidad comercial financiera y de producción para exportación de pitahaya a Francia*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz.
- PRO ECUADOR. (2016). *Pitahaya 2016*. Obtenido de Análisis sectorial : file:///C:/Users/Fer/Downloads/PROEC_AS2016_PITAHAYA.pdf
- Ricalde, M., & Andrade, J. (2009). Pitahaya, una delicia tropical. *Revista Ciencia*, 36-43.
- Rivera, C., & Rodríguez, M. (2010). Uso de la Ecuación de Horwitz en laboratorios de ensayos NMX-EC-17025-IMNC-2006. *Simposio de Metrología*, 8.
- Rodríguez, R. D., Patiño, G. M., Miranda, L. D., Fischer, G., & Galvis, V. J. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de las pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw). *Redalyc.org*, 2838-2857.
- Serrano, M., Díaz, M. H., Zapata, P., Castillo, S., Guillen, F., Martínez, R. D., & Valero, D. (2009). Antioxidant compounds in fruits and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 3240-3246.
- Torres Grisales, J., Melo Saboga, D. V., Torres Valenzuela, L. S., Sema Jimenez, J. A., & Sanin Villareal, A. (2017). Evaluación de componentes bioactivos con interés funcional a partir de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Facultad Nacional de Agronomía*, 8.
- Tortajana, I. (2014). *Medida de color*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Vasquez Castillo, W., Aguilar, K., Vilaplana, R., Viteri, P., Viera, W., & Valencia Chamorro, S. (2016). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) en Ecuador. *Agronomía Colombiana*, 1081-1083.
- Vicente, A., Concellón, A., Viña, S., Lemoine, M., Rodoni, L., Zaro, M., . . . Pintos, F. (2016). Alteraciones de los polifenoles en la etapa de poscosecha. *GITeP, Grupo de Investigación en Tecnología Poscosecha, Centro de*

Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET-UNLP) y Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA, FCAyF, UNLP)., 70-73.

W, C. V., K, A., R, V., W, V., & Chamorro.S, V. (2016). Calidad del fruto y perdidas Poscosechas de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw). *Agronomia Colombiana*, 1081-1083.

Wang , S., Melnyk, J., Tsao, R., & Marcone , M. (2011). How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascula. *Fod Research Internacional*, 14-22.

Wu, S., & Cervantez, J. (2005). *Manual del Cultivo*. Guatemala: Mision de Taiwan, MAGA-ICTA.

Yahia, E. (2011). La tecnologia de las atmosferas modificadas y controladas. *Horticultura Internacional*, 37-39.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción de métodos analíticos

Determinación del peso

Las mediciones de la fruta se realizaron con una balanza digital de una precisión de 0,1 y con una capacidad máxima de 1kg, para determinar el peso de la fruta previo y al final del almacenamiento, como se observa en la Figura 20.



Figura 20 Determinación del peso

Determinación del pH

El pH de la fruta fue medido a través de la inmersión de los electrodos del potenciómetro Jenway (modelo 3510) en 50 ml de muestra de pulpa de pitahaya, se ilustra en la Figura 21. Previo a la medición se realizó la calibración con Buffer de pH 4,01 y pH 7,01



Figura 21 Determinación del pH

Determinación de la acidez titulable

Se determinó de acuerdo al método descrito por la AOAC 942.1-1990. En 5 ml de muestra se adicionó 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitación,

posteriormente se adicionó 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Posterior se tituló la solución con hidróxido de sodio 0,1N hasta el cambio de color a rosa, usando como indicador el pH de la fenolftaleína (8,3-8,6). Como se muestra en la Figura 22



Figura 22 Determinación de la acidez titulable

Los resultados se expresan en porcentaje (%) de ácido cítrico mediante la ecuación (7).

$$\% \text{ Acidez} = \frac{fa + V+N+f}{V_o} \quad (7)$$

Donde:

- fa: Factor del ácido predominante (ácido cítrico= 0,064)
- V: Volumen de NaOH
- N: Normalidad de la solución de NaOH
- f: Factor del NaOH (0,9775)
- Vo: Volumen de la muestra

Determinación de los sólidos solubles

Para la respectiva medición se utilizó el refractómetro digital (modelo 1310499). De acuerdo con el método AOAC 932.12-1980. Se obtiene el jugo de la fruta aproximadamente 40 ml del cual se colocó una gota de pulpa en el lente del equipo y automáticamente proyecta el valor de °Brix que contiene la fruta. A continuación, se muestra en la Figura 23.



Figura 23 Determinación de Sólidos Solubles

Determinación del color

Para los atributos de color se cuantificaron fácilmente con un colorímetro portátil Konica Minolta, espectro-color d/8° digital (DR LANGE Serie- Nr 300074) como se observa en la Figura 24. Este equipo determinó el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores de acuerdo al sistema CIE*L*C*H, que representa las características cromáticas que son: Luminosidad ($L^*=0$ oscuro y $L^*=100$ iluminado), componente de color rojo ($+a^*$) y verde ($-a$), componente de color amarillo ($+b^*$) y azul (b), las magnitudes derivadas que son croma (C^*) indica la saturación o intensidad del color y ángulo de tono Hue (H^*) que es el estado puro del color. Cabe destacar que dos colores distintos pueden tener las mismas coordenadas cromáticas siempre que tengan distinta coordenada de luminosidad (Tortajana, 2014)



Figura 24 Determinación del Color

Determinación de la textura

La textura de la pitahaya se determinó mediante el texturómetro (modelo Ez-9x), presentada en la Figura 25. El equipo mide la fuerza de ruptura y la deformación de la fruta. Las frutas fueron sometidas a pruebas de compresión en dos sentidos de

longitud y transversal a una velocidad de 1mm/s. La dirección fue tomada polo a polo y transversal a lo largo de la zona ecuatorial. La fuerza de ruptura se determinó sometiendo a la fruta a un proceso de punzamiento con una aguja a una velocidad de 1mm/s.

El valor de la fuerza de ruptura para cada tratamiento fue determinado mediante la información de la gráfica fuerza contra deformación expresada en kilogramos fuerza que necesita el dispositivo para penetrar la superficie de la pitahaya, mediante el software TRAPEZIUM X.



Figura 25 Determinación de la textura

Determinación de polifenoles totales

Preparación de la muestra:

Previo al análisis se liofilizaron las muestras de pitahaya en bandejas de aluminio, este proceso se aplicó con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos bioactivos presentes en la pitahaya. El proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos: congelar el producto a -20°C y secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida.

La liofilización se realizó en el liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53). Al final de este proceso la muestra se trituró y fue almacenada en bolsas de papel Kraft en el desecador hasta ser analizado el compuesto antioxidante.

Preparación del extracto:

Para la extracción de compuestos antioxidantes se pesó aproximadamente 0,5039g de pitahaya liofilizada en papel aluminio y se colocó en vasos de precipitación de

50 ml forrado con papel aluminio. Luego se adicionó 10 ml de metanol, se agitó en una plancha de agitación magnética por 15 minutos a 700rpm y se almacenó a 2°C por 24 horas, luego se centrifugó a 4000rpm durante minutos y se filtró con papel Whatman N°4 hasta obtener el extracto y se aforó con metanol en balones volumétricos de 25 ml. A continuación, se ejemplifica en un diagrama de bloques.

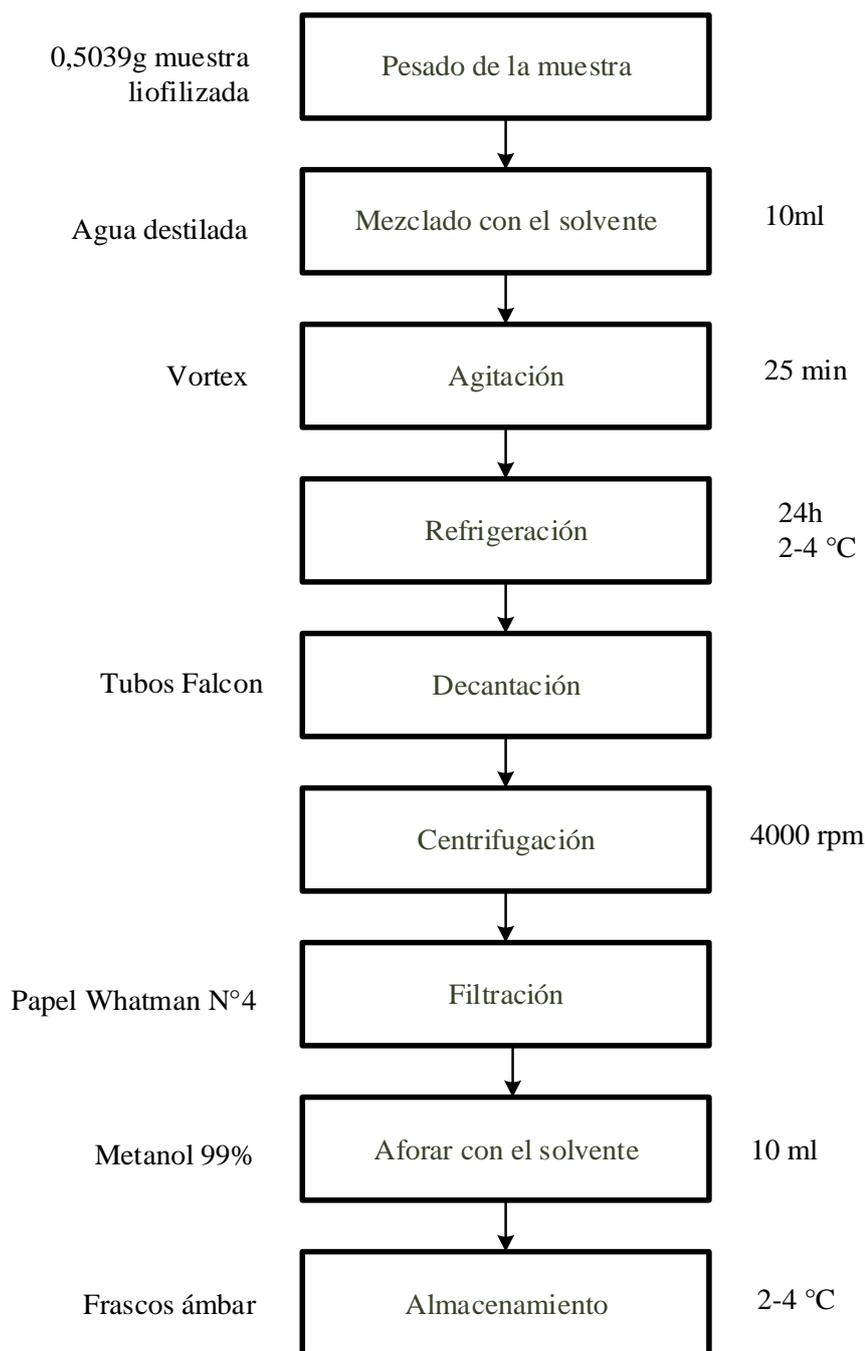


Figura 26 Preparación del Extracto para determinar polifenoles totales

Cuantificación de polifenoles totales

La determinación del contenido de polifenoles totales se llevó a cabo por el método Folin-Ciocalteu descrito por García, et al (2015), con algunas modificaciones. Previo a la cuantificación se preparó la curva de calibración con ácido gálico en concentraciones con modificaciones entre rangos de 50 ppm por disponer un contenido alto de las mismas. Para la medición del extracto de pitahaya se preparó la muestra a partir de 0,5 ml de extracto, al cual se le adicionó 0,25 ml de Fólin Ciocalteu se agitó en el vórtex por 3 segundos y luego se colocó 1,25 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 19% finalmente se adicionó 1 ml de agua destilada, se agitó la mezcla por 15 segundos y se dejó reposar y se incubó durante 90 minutos en la oscuridad en el ambiente. La lectura de la absorbancia se realizó a 760 nanómetros en el Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV-Visible). Se utilizó agua destilada para la calibración del equipo. Las muestras fueron analizadas por triplicado y los resultados se reportaron como miligramos de equivalente de ácido Gálico (GAE) en 100 gramos de muestra seca (MS). En consecuencia, se sintetiza el proceso en un diagrama de bloques.

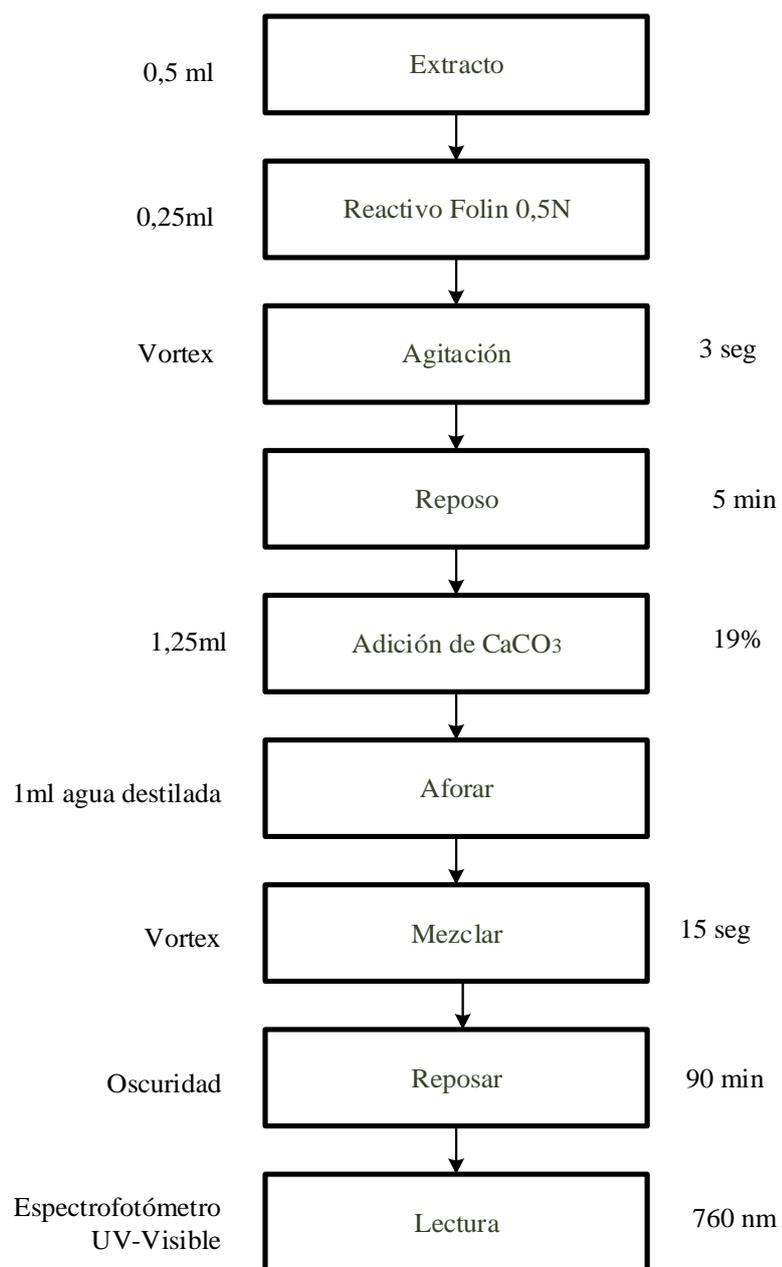


Figura 27 Diagrama para la cuantificación de polifenoles totales

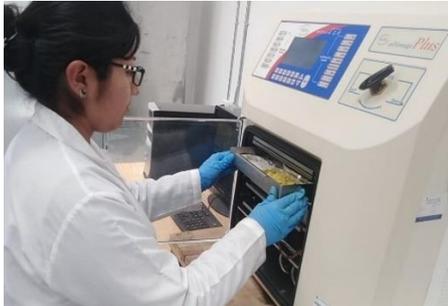
Preparación de la muestra



a) Fruta almacenada por 20 días en AC



b) Trituración de la fruta congelada(pulpa)



c) Ingreso de la fruta triturada al liofilizador



d) Pulpa de la pitahaya liofilizada

Preparación del extracto



a) Molienda de la pitahaya liofilizada



b) Extracto de pitahaya

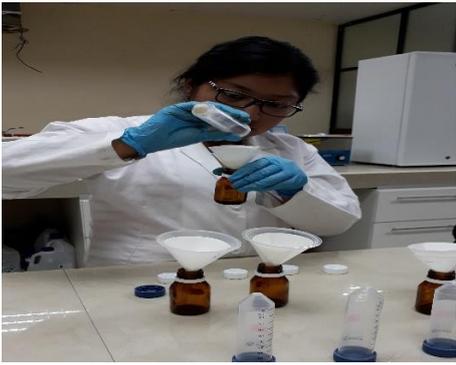
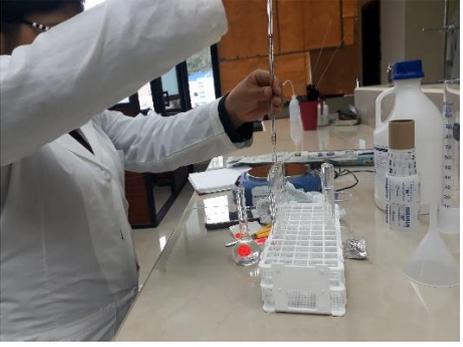
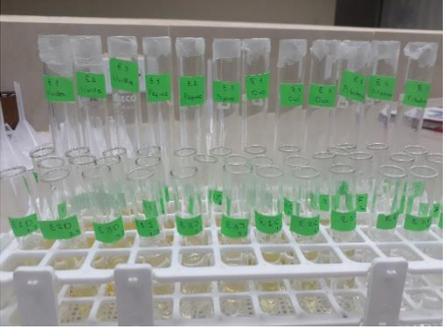
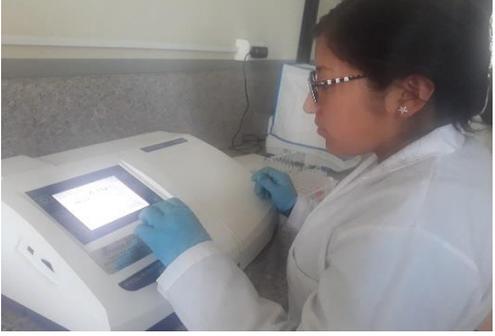
	
<p>c) Recolección del extracto de pitahaya</p>	<p>d) Almacenamiento del extracto en refrigeración</p>
<p>Cuantificación de Polifenoles Totales</p>	
	
<p>a) Preparación y dilución del extracto</p>	<p>b) Agitación de las disoluciones preparadas</p>
	
<p>c) Reposo de diluciones por 90 minutos</p>	<p>d) Cuantificación de polifenoles totales</p>

Figura 28 Determinación de Polifenoles Totales

Determinación del ácido ascórbico

Se preparó extractos por triplicado de cada uno de los tratamientos, para esto se pesó 1g de muestra liofilizada en la balanza digital y se adicionó 10 ml de solución de extracción previamente preparada con ácido meta fosfórico y ácido acético. La solución se llevó a agitación magnética durante 30 minutos, luego se filtró y aforó la solución de extracción en balones volumétricos de 50 ml.

Cuantificación del ácido ascórbico

La cuantificación del contenido de ácido ascórbico en pitahaya se llevó a cabo utilizando el equipo de titulación con una micro bureta de 2 ml. Previamente se tituló la solución estándar del ácido ascórbico (grado analítico) y el blanco de extracción: luego se cuantificó el contenido de ácido ascórbico en 2 ml de extracto de pitahaya mediante la titulación con 2,6 dichloroindophenol hasta el cambio de color a rosa y este persiste durante 15 segundos. Los resultados se expresan en mg de ácido ascórbico por g de fruta seca mediante la ecuación (8).

$$\text{mg Ácido ascórbico} = (X - B) \times (F/E) \times (V/Y) \quad (8)$$

Donde:

- X: ml de 2,6 dichloroindophenol gastado en la titulación de la muestra
- B: ml de 2,6 dichloroindophenol gastado en la titulación del blanco
- F: mg de ácido ascórbico equivalente a 1ml de solución de 2,6 dichloroindophenol
- E: peso de la muestra
- V: volumen inicial de la solución ensayada.
- Y: volumen de la muestra tomada para el ensayo

	
<p>a) Pesado de los reactivos</p>	<p>b) Preparación de las disoluciones</p>
	
<p>c) Muestras filtradas</p>	<p>d) Titulación de la muestra preparada</p>

Figura 29 Determinación del Ácido Ascórbico

Anexo 2. Determinación de la tasa de respiración

	
<p>a) Armado del sistema de AC</p>	<p>b) Almacenamiento de la fruta en AC</p>
	
<p>c) Equipos suministradores de gases</p>	<p>d) Válvulas cerradas por 8 horas</p>
	
<p>e) Proceso de inyección a cada frasco</p>	<p>f) Registro concentraciones porcentuales de gases</p>

Figura 30 Medición de la tasa de respiración

Anexo 3. Norma Técnica Colombiana

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
3554**

1996-11-27

**FRUTAS FRESCAS.
PITAHAYA AMARILLA**



E: FRESH FRUITS. YELLOW PITAHAYA

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: pitahaya; fruta; producto vegetal.

I.C.S.: 67.080.10

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Primera actualización

**FRUTAS FRESCAS.
PITAHAYA AMARILLA**

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw), destinada para el consumo en fresco o como materia prima para el procesamiento.

2. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y CALIBRE

2.1 DEFINICIONES

Para efectos de esta norma se establecen las siguientes:

2.1.1 Pitahaya amarilla: fruta proveniente de la especie *Selenicereus megalanthus* (*Cereus triangularis* Haw o *Acanthocereus pitajaya* o *Acanthocereus colombianus*).

2.1.2 Mamilas: partes externas de la pitahaya que presentan forma de mama o teta.

2.2 CLASIFICACIÓN

Independientemente del calibre y del color, la pitahaya amarilla se clasifica en tres categorías que se definen a continuación:

2.2.1 Categoría Extra

Las pitahayas amarillas clasificadas en esta categoría deben presentar todos los requisitos definidos en el numeral 3.1 y estar exentas de todo defecto; solamente se aceptan ligeras alteraciones superficiales de la cáscara, siempre y cuando no afecten la apariencia general del producto (véase la Figura 1).



Figura 1. Categoría Extra

2.2.2 Categoría I

Las pitahayas amarillas clasificadas en ésta categoría deben presentar todos los requisitos definidos en el numeral 3.1; se aceptan (véase la Figura 2):

- Deformaciones del fruto, como alargamiento poco pronunciado del ápice.
- Rozaduras cicatrizadas, que no excedan 1 cm² con respecto al área total del fruto.
- El pedúnculo no debe tener una longitud mayor a 25 mm.



Figura 2. Categoría I

2.2.3 Categoría II

Esta categoría comprende las pitahayas amarillas que no pueden clasificarse en las categorías anteriores, pero cumplen con los requisitos definidos en el numeral 3.1.

El fruto debe conservar sus características esenciales de calidad y no debe alterar el aspecto general del producto, ni su presentación en el empaque. Para cada fruto, se admiten los defectos que se indican a continuación (véase la Figura 3):

- Manchas superficiales y/o raspaduras cicatrizadas que no excedan a 2 cm² con respecto al área total del fruto.
- Pérdida de la forma ovoidal del fruto.



Figura 3. Categoría II

2.3 CALIBRE

El calibre se determina por el peso unitario del fruto, de acuerdo con la siguiente escala:

Tabla 1. Calibres de la pitahaya de acuerdo con el peso unitario

Peso unitario g	Calibre
≥ 631	8
261 a 360	9
201 a 260	12
151 a 200	14
111 a 150	16
≤ 110	20

Nota. En el mercado interno el calibre se utiliza para identificar el intervalo de peso y en el mercado de exportación el calibre corresponde al número de frutos por unidad de empaque.

3. REQUISITOS Y TOLERANCIAS

3.1 REQUISITOS GENERALES

Todas las categorías de la pitahaya amarilla deben cumplir con las siguientes características físicas mínimas:

- Las frutas deben estar enteras y sin heridas.
- Deben tener la forma ovoidal característica de la pitahaya amarilla
- Deben presentar un aspecto fresco y de consistencia firme.
- El pedúnculo o tallo deben medir de 15 mm a 20 mm de longitud.
- Deben estar sanas; (libres de ataques de insectos y/o enfermedades que demeriten la calidad interna del fruto).
- Deben estar limpias (sin espinas); exentas de materia extraña visible principalmente en el orificio apical (tierra, polvo, residuos de aplicaciones de agroquímicos)
- Deben estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas de poscosecha (recolección, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).
- Deben estar exentas de olores y/o sabores extraños (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos, con los cuales haya estado en contacto).

Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos por el Codex Alimentarius o los establecidos por el país de destino.

3.2 REQUISITOS DE MADUREZ

La madurez de la pitahaya amarilla se aprecian visualmente por su color externo y puede confirmarse su estado por medio de la determinación del contenido de pulpa y el ensayo de yodo.

3.2.1 Tabla de color

La siguiente descripción relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez del fruto (Véase la Figura 4):

COLOR 0: fruto bien desarrollado de color verde, con aristas notoriamente marcadas en las mamilas.

COLOR 1: fruto de color verde, con un ligero viso amarillo en la zona basal. Permanece la forma de las aristas.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3554 (Primera actualización)

COLOR 2: fruto de color verde con visos amarillos en toda la superficie.

COLOR 3: fruto de color verde-amarillo. Inicia el llenado de las mamilas y la separación entre ellas.

COLOR 4: fruto de color amarillo, con la punta de las mamilas de color verde y aumenta la separación entre las mismas.

COLOR 5: fruto de color amarillo, con la punta de las mamilas ligeramente verdosas.

COLOR 6: fruto totalmente amarillo.



Figura 4. Tabla de color de la Pitahaya amarilla y Prueba de yodo

3.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS

3.3.1 Ensayo de yodo

El objetivo del ensayo es confirmar el estado de madurez de la pitahaya e identificar la presencia de almidón y/o azúcar en la fruta mediante la reacción con la solución de yodo, dando como resultado una coloración oscura en la superficie de la pulpa la cual indica la transformación gradual del almidón en azúcar. La reacción se puede observar claramente en la Figura 4. Luego de someter la fruta al ensayo descrito en el numeral 5.2 y verificar si está de acuerdo con su estado de madurez, presentará la coloración oscura que se aprecia en la Figura 4.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3554 (Primera actualización)

3.3.2 Contenido de pulpa

Los valores mínimos del contenido de pulpa que debe presentar cada uno de los estados identificados en la Tabla de color son los siguientes:

Tabla 2. Contenido mínimo de pulpa

COLOR	0	1	2	3	4	5	6
%(mín)	28	31	33	38	40	44	48

3.4 TOLERANCIAS

Se admiten tolerancias de calidad y calibre en cada empaque para los frutos que no cumplan con los requisitos de la categoría indicada.

3.4.1 Tolerancias de calidad

3.4.1.1 Categorías extra. Se admite hasta el 5 % en número o en peso de las pitahayas amarillas que no correspondan a las características de la categoría extra pero que cumplan los requisitos de la categoría I.

3.4.1.2 Categoría I. Se admite hasta el 10 % en número o en peso de pitahayas que no cumplen los requisitos de la categoría I pero que corresponden a las características de la categoría II.

3.4.1.3 Categoría II. Se admite hasta el 10 % en número o en peso de las pitahayas amarillas que no correspondan a los requisitos de la categoría II ni a los requisitos exigidos en el numeral 3.1; con excepción de los frutos visiblemente atacados por podredumbre, con magulladuras severas o con heridas no cicatrizadas que las hagan impropias para el consumo.

3.4.2 Tolerancias de calibre

Para todas las categorías se acepta hasta el 10 % en número o en peso de los frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al señalado en el empaque.

4. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**4.1 TOMA DE MUESTRAS**

Se efectuará de acuerdo con lo establecido en la NTC 756. Se realizan los análisis físicos y químicos a la pulpa obtenida de cinco frutos por cada color, seleccionados al azar dentro del lote.

4.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

La pitahaya que no cumpla los requisitos especificados en esta norma, se considera rechazada. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar el lote.

5. ENSAYOS

5.1 DETERMINACIÓN DE LA MASA

Se pesan los frutos de manera unitaria en una balanza con un grado de precisión de 1,0 g y se registra la masa.

5.2 ENSAYO DE YODO

5.2.1 Preparación de la solución

Se disuelven 12 g de yodo metálico (I_2) y 24 g de yoduro de potasio (KI) en 500 cm³ de agua. Se agita y se adicionan otros 500 cm³ de agua. Se guarda la solución en un frasco oscuro y protegido de la luz. Se renueva la solución cada tres meses.

5.2.2 Procedimiento

Se parte la pitahaya longitudinalmente y se pone en contacto la pulpa con la solución de yodo-yoduro por inmersión, luego de 10 s se puede apreciar la tinción de la pulpa, la cual va disminuyendo con el avance de la madurez.

5.3 CONTENIDO DE PULPA

Mediante la extracción manual (separa la pulpa de la cáscara) y establecer la relación del peso de la pulpa con el peso total de la fruta.

6. EMPAQUE Y ROTULADO

6.1 EMPAQUE

El contenido del empaque debe ser homogéneo, compuesto únicamente por frutos del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

Los materiales utilizados en el interior del empaque deben ser nuevos, limpios, de manera que no puedan causar a los frutos alteraciones externas o internas. Se acepta el uso de papeles o etiquetas con indicaciones comerciales, siempre que se utilicen materiales no tóxicos y que permitan ser posteriormente reciclados. Los empaques deben estar exentos de cualquier cuerpo extraño.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3554 (Primera actualización)

Los empaques utilizados para el mercado interno pueden ser (véase la Figura 5) canastillas plásticas cuyas medidas externas son 600 mm x 400 mm. Se debe empaclar en máximo dos capas dependiendo del calibre de la fruta y con un peso que no exceda de 13 kg.



Figura 5. Empaque para el mercado interno

Para el mercado de exportación se puede presentar en envase rígidos de cartón corrugado, madera o la combinación de ellos (véase la Figura 6). Puede llevar separadores (de pulpa de celulosa o de cartón) y/o una capa amortiguadora en la base.



Figura 6. Empaque para el mercado de exportación

6.2 ROTULADO

Cada empaque deberá llevar la siguiente información con caracteres visibles:

- a) Identificación del productor, exportador o empacador o ambos. (Nombre y dirección).
- b) Naturaleza del producto: "Pitahaya amarilla".
- c) Origen del producto y región productora.
- d) Características comerciales.
 - Fecha de empaque
 - Categoría.
 - Calibre.
 - Masa neta en el momento de empaque.
 - Coloración en el momento de empaque.
- e) Identificación del exportador o distribuidor (nombre y dirección).
- f) Impresión de la simbología que indique el manejo adecuado del producto (véase la NTC 2479).

7. APÉNDICE

7.1 INDICACIONES COMPLEMENTARIAS

Recomendaciones para el almacenamiento y transporte refrigerado de la fruta correspondiente al mercado externo.

(Exportación)

Temperatura 3°C a 8°C

Humedad relativa 85 % a 90 %

Tiempo máximo: 25 días

7.2 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

NTC 756: 1973, Frutas y hortalizas. Toma de muestras.

NTC 2479: 1988, Embalajes. Indicaciones gráficas para el manejo de artículos.

Anexo A (Informativo)

La presente actualización de la NTC 3554 se basó en los resultados obtenidos de la investigación realizada por el Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ; dentro de los términos de referencia del Convenio suscrito entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para la ejecución del proyecto de Normalización y Homologación de Frutas y Hortalizas.

La investigación se hizo con la colaboración de los productores, comercializadores y los Comités Departamentales de Cafeteros del Valle del Cauca y Cundinamarca.

CENICAFÉ, Chinchina, Caldas. Septiembre de 1996.

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 3554 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1996-11-27.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico.

ACOABASTOS	CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL
ANDINA PACK	EXPOABRACOL
CADENALCO S.A.	FRUTIERREZ
POMONA	ICA
CAFAM	MINISTERIO DE AGRICULTURA
CARULLA Y CÍA S.A.	PITAHAYAS UNIDAS DE COLOMBIA
CARPACK S.A.	SANTANA BOYACÁ
CENICAFÉ	SMURFIT CARTÓN DE COLOMBIA
CIDELA LTDA	PASSICOL S.A.
COLSUBSIDIO	TESORO FRUIT
COMERCAFÉ	UNIVERSIDAD NACIONAL
CORDICAFÉ	

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN