



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERAS MODIFICADAS
Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA CONSERVACIÓN
DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, EL CONTENIDO DE FIBRA
Y CARBOHIDRATOS DEL ZAMBO *Cucurbita ficifolia bouche*.**

TESIS PREVIA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO (A)

AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Sashkya Cleopatra Colobón Joseph

DIRECTOR:

Ing. Juan Carlos De La Vega MSc.

Ibarra- Ecuador 2021



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 documento a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0803133487

APELLIDOS Y NOMBRES: Colobón Joseph Sashkya Cleopatra

DIRECCIÓN: Esmeraldas

EMAIL: sccolobonj@utn.edu.ec

TELÉFONO FIJO: 062766788 **TELÉFONO MÓVIL:** 0997916505

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, EL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS DEL ZAMBO *Cucurbita ficifolia bouche*

AUTOR: Colobón Joseph Sashkya Cleopatra

FECHA: 15 de septiembre del 2021

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADOO

PROGRAMA: **PREGRADO** **POSTGRADO**

TÍTULO POR EL QUE OPTO: Ingeniero Agroindustrial

ASESOR/DIRECTOR: Ing. Juan Carlos De La Vega 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 15 días del mes de septiembre de 2021

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Colobón Joseph Sashkya Cleopatra', written over a horizontal line.

.....
Colobón Joseph Sashkya Cleopatra

C.I.:0803133487

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Sashkya Cleopatra Colobón Joseph, con cédula de ciudadanía 080313348-7 bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos De La Vega', with a horizontal line extending to the right.

Ing. Juan Carlos De La Vega MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en este gran proceso, bendiciéndome y dándome la fortaleza necesaria para cumplir esta meta con mucha constancia y dedicación.

A mi mami Onika por ser mi inspiración de lucha y superación, apoyándome en cada una de las decisiones que he tomado, a nunca dejar de creer en mí y que todo lo que se hace con amor, perseverancia y fe es posible.

A mi mamita Cleo gracias por ser mi compañera, apoyándome con mucho amor durante todo este proceso y ser parte de cada uno de mis logros.

A mi familia por su cariño y animarme a cumplir cada uno de mis objetivos propuestos.

A mis amigos quienes fueron parte de esta gran aventura, haciendo que cada momento y experiencia vivida sea muy grata.

Sashkya

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de carrera que han contribuido mediante su conocimiento y experiencia en cada área tanto personal como académico, orientándome y formándome a lo largo de estos años de estudio.

Al Ing. Juan Carlos De La Vega por su tiempo, conocimiento y paciencia para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo, además, al Ing. Nicolás Pinto y Bioq. Valeria Olmedo por su asesoramiento y guía durante todo el proceso de culminación de esta investigación.

A todos aquellos que de una forma u otra me brindaron su apoyo y ayudaron a que este gran logro se haga realidad.

Muchas gracias.

Sashkya

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
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 ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	4
1.4.1. HIPÓTESIS NULA	4
1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ORIGEN DEL ZAMBO	5
2.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, CONTENIDO DE VITAMINAS Y MINERALES... 6	6
2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	7
2.3.1. PH.....	7
2.3.2. SÓLIDOS SOLUBLES	8
2.3.3. ACIDEZ TITULABLE.....	8
2.4. COLOR	8

2.5.	TEXTURA.....	9
2.6.	MADURACIÓN DEL FRUTO.....	10
2.7.	PRODUCCIÓN DE ETILENO.....	12
2.8.	EL ALMACENAMIENTO DURANTE LA COSECHA.....	13
2.9.	TÉCNICAS PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL.....	14
2.9.1.	REFRIGERADO.....	15
2.9.2.	ATMÓSFERAS MODIFICADAS.....	15
2.9.2.1.	ATMÓSFERA MODIFICADA PASIVA.....	17
2.9.2.2.	ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA.....	17
2.10.	FIBRA.....	20
2.11.	CARBOHIDRATOS.....	22
CAPÍTULO III.....		23
MATERIALES Y MÉTODOS.....		23
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
3.2.	UBICACIÓN DEL LUGAR DE OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	23
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	24
3.4.	MÉTODOS.....	25
3.4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	25
3.4.2.	EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS EN EL ZAMBO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS....	26
3.5.	DESARROLLO DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	26
3.5.1.	FACTORES EN ESTUDIO.....	26
3.5.2.	TRATAMIENTOS.....	27

3.5.3.	CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	27
3.5.4.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	28
3.5.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
3.6.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	28
3.6.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN	30
3.6.1.1.	RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	30
3.6.1.2.	CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN	30
3.6.1.3.	LAVADO.....	31
3.6.1.4.	PELADO.....	31
3.6.1.5.	PICADO.....	32
3.6.1.6.	DESINFECCIÓN.....	32
3.6.1.7.	CENTRIFUGADO	33
3.6.1.8.	PESADO.....	33
3.6.1.9.	ENVASADO.....	33
3.6.1.10.	ACONDICIONAMIENTO.....	34
3.6.1.11.	ALMACENAMIENTO	34
CAPÍTULO IV.....		36
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		36
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	36
4.2.	DETERMINAR EL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS EN LA PULPA DE ZAMBO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS	37
4.2.1.	INFLUENCIA DE LAS ATMÓSFERAS MODIFICADAS SOBRE EL CONTENIDO DE FIBRA	37
4.2.2.	INFLUENCIA DE LAS ATMÓSFERAS MODIFICADAS SOBRE EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS	39

4.3. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS AL FINALIZAR EL TRATAMIENTO	40
4.3.1. SÓLIDOS SOLUBLES	40
4.3.2. PH.....	43
4.3.3. ACIDEZ TITULABLE.....	45
4.3.4.1. COLOR.....	47
4.3.4.2. TEXTURA.....	49
4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN LA CONSERVACIÓN DEL ZAMBO	51
CAPÍTULO V.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. CONCLUSIONES	56
5.2. RECOMENDACIONES.....	57
7.1. ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LOS FRUTOS	65
7.1.1. SÓLIDOS SOLUBLES	65
7.1.2. DETERMINACIÓN DE PH	65
7.1.3. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE.....	65
7.1.4. ANÁLISIS SENSORIAL DE COLOR Y TEXTURA.....	66
7.2. ANEXO 2: EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS ...	68
7.2.1. DETERMINACIÓN DE FIBRA.....	68
7.2.2. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS.....	69
7.3. ANEXO 3: RESULTADOS Y PRUBAS TUKEY	69
EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del zambo.....	5
Tabla 2. Composición nutricional en el zambo.....	6
Tabla 3. Contenido de vitaminas y minerales en el zambo.....	6
Tabla 4. Permeabilidades de las películas disponibles para envasar productos frescos	19
Tabla 5. Localización del área de estudio	23
Tabla 6. Localización del lugar de obtención de la materia prima	24
Tabla 7. Materiales y equipos para el desarrollo de la fase experimental	24
Tabla 8. Variables a evaluar materia prima	25
Tabla 9. Variables para evaluar en el experimento.....	26
Tabla 10. Factores en estudio.....	27
Tabla 11. Descripción y nomenclatura de los tratamientos.	27
Tabla 12. Análisis de varianza DCA con arreglo factorial $A \times B + 2$	28
Tabla 13. Análisis químico proximal del zambo	36
Tabla 14. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles	40
Tabla 15. Prueba DMS para el Factor B (concentraciones de gases)	43
Tabla 16. Análisis de varianza del pH	43
Tabla 17. DMS para el factor A.....	45
Tabla 18. DMS para el factor B.....	45
Tabla 19. Análisis de varianza para acidez titulable.....	46
Tabla 20. Efectividad de la aplicación de las atmósferas modificadas	51
Tabla 21. Costos de producción de gases para la concentración 1	52
Tabla 22. Costos de producción de gases para la concentración 2	53
Tabla 23. Costos de producción de gases para la concentración 3	53

Tabla 24. Unidades producidas a concentraciones ambientales	54
Tabla 25. Unidades producidas aplicando atmósferas modificadas	54
Tabla 26. Porcentaje de las ganancias.....	55
Tabla 27. Caracterización fisicoquímica del zambo después de su almacenamiento en atmósferas modificadas.....	69
Tabla 28. Prueba Tukey para el parámetro de sólidos solubles en el zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.....	70
Tabla 29. Prueba Tukey para el parámetro de pH en el zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.....	70
Tabla 30. Prueba Tukey para el parámetro de acidez titulable en el zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La percepción de la calidad por el consumidor	10
Figura 2. (a) Película de barrera: condiciones anaeróbicas indeseables; (b) Película completamente permeable: ninguna modificación atmosférica deseable; (c) Película permeable intermedia: EMA deseable.....	19
Figura 3. Clasificación de fibra con base en sus características	21
Figura 4. División de los carbohidratos	22
Figura 5. Diagrama de Bloques	29
Figura 6. Materia prima Zambo.....	30
Figura 7. Clasificación y selección de zambo.....	31
Figura 8. Lavado de zambo.....	31
Figura 9. Pelado de zambo.....	32
Figura 10. Picado de zambo.....	32
Figura 11. Desinfección de cubitos de zambo	32
Figura 12. Centrifugado de cubitos de zambo	33
Figura 13. Envasado de zambo	34
Figura 14. Acondicionamiento de atmósferas modificadas.....	34
Figura 15. Almacenamiento de producto final	35
Figura 16. Contenido de fibra durante su almacenamiento A (5°C) y B (8°C).....	38
Figura 17. Contenido de carbohidratos en atmósferas modificadas de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) y testigos A (5°C) y B (8°C).	39
Figura 18. Contenido de sólidos solubles totales al final de su periodo de almacenamiento	42
Figura 19. Incremento de pH al final de su periodo de almacenamiento	44
Figura 20. Puntuación de la evaluación sensorial para el parámetro de color.....	47

Figura 21. Resultados del parámetro color de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) y testigos a 5°C y 8°C.	48
Figura 22. Puntuación en la evaluación sensorial para el atributo de textura.....	49
Figura 23. Resultados del parámetro de textura de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) y testigos a 5°C y 8°C.	50
Figura 24. Ficha de evaluación sensorial de los tratamientos.....	67

RESUMEN

Las prácticas inapropiadas y tradicionales en el manejo postcosecha del zambo *Cucúrbita ficifolia bouche* ha generado cambios estructurales en su composición que conllevan al deterioro del producto en las características organolépticas y nutricionales. Es por ello, que se aplicó el método de almacenamiento de atmósferas modificadas (AM) en la pulpa de zambo durante 15 días en fundas de polietileno de baja densidad a temperaturas de 5°C y 8°C con concentraciones volumétricas de 10% CO₂ - 15% O₂, 20% CO₂ - 10% O₂ y 15% CO₂ - 10% O₂. Cada 5 días se evaluó el contenido de fibra y carbohidratos; las características fisicoquímicas (sólidos solubles, acidez titulable, pH), además el color y textura mediante caracterización sensorial. Los resultados indicaron que durante el almacenamiento el tratamiento a 20% CO₂, 10% O₂ presentó menor degradación fisicoquímica y organoléptica obteniendo un aumento de 4 días de vida útil. Se concluyó que aplicando temperaturas bajas (5°C) y concentraciones de gases de 20% CO₂, 10% O₂ existió una variación mínima de las propiedades fisicoquímicas y funcionales. El uso del método de conservación generó beneficios económicos e incrementó el tiempo de vida útil del zambo mínimamente procesado.

ABSTRACT

Inappropriate and traditional practices in postharvest handling of the *Cucurbita ficifolia bouche* sambo have generated structural changes in its composition that lead to the deterioration of the product in the organoleptic and nutritional characteristics. For this reason, the modified atmosphere (AM) storage method was applied to the sambo pulp for 15 days in low-density polyethylene sheaths at temperatures of 5°C and 8°C with volumetric concentrations of 10% CO₂ - 15% O₂, 20% CO₂ - 10% O₂ and 15% CO₂ - 10% O₂. Fiber and carbohydrate content was evaluated every 5 days; the physicochemical characteristics (soluble solids, titratable acidity, pH), as well as the color and texture by sensory characterization. The results indicated that during storage the treatment at 20% CO₂, 10% O₂ presented less physical-chemical and organoleptic degradation, obtaining an increase of 4 days of useful life. It was concluded that applying low temperatures (5°C) and gas concentrations of 20% CO₂, 10% O₂, there was a minimal variation of the physicochemical and functional properties. The use of the conservation method generated economic benefits and increased the useful life of the minimally processed sambo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

El carácter perecedero de las frutas y hortalizas, asociado al mal manejo postcosecha y uso de tecnologías de acondicionamiento y almacenamiento inadecuadas, se traduce en elevadas pérdidas de la calidad durante su comercialización y distribución en los mercados (Rivera , Gardea , Martínez , Rivera, & González, 2007).

El uso de prácticas tradicionales inadecuadas en el manejo postcosecha del zambo (*Cucurbita ficifolia bouche*) genera cambios estructurales en su composición que conllevan al deterioro del producto en sus características organolépticas y nutricionales; dando como resultado pérdidas económicas. En el Ecuador, la producción de zambo es reducida, por pérdida de la tradición ancestral; los pocos productores que se dedican a esta actividad destinan sus productos en un 80% a mercados locales (Guachisaca Lozano, 2017). Actualmente el zambo se comercializa en forma de pulpa, que al momento de estar expuesta y en contacto con el oxígeno del ambiente, genera reacciones bioquímicas como pardeamiento enzimático, ocasionando rechazo por parte de los consumidores.

El avance de métodos alternativos como la aplicación de atmósferas modificadas para mejorar la conservación del producto, mantener su calidad y extender su vida útil ha contribuido en ofrecer al consumidor productos inocuos. Sin embargo, se evidencia que existe escasa información e investigación específica a la conservación del zambo en general en atmósferas modificadas, de igual manera hay pocos registros cuantitativos sobre el comportamiento de las propiedades

fisicoquímicas y nutricionales que éste sufre en la aplicación de dicho método. En consecuencia, es preciso desarrollar el proyecto de investigación para determinar el efecto que genera la aplicación de la alteración de las atmósferas en la conservación de las principales propiedades del zambo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto de investigación se desarrollará por la necesidad de incrementar el tiempo de vida útil en anaquel de la pulpa de zambo en trozos (*Cucurbita ficifolia bouche*) y de conservar los componentes nutricionales que son un aporte para el funcionamiento del organismo del consumidor, por medio de la utilización de las atmósferas modificadas. Para ello se determinará el comportamiento del contenido de fibra y carbohidratos en la pulpa durante el almacenamiento, se espera con ello disminuir la tasa de respiración y establecer una alternativa para el manejo postcosecha en la conservación del producto.

A pesar de que el zambo es una fuente de vitamina B y posee un elevado aporte de ácido ascórbico (vitamina C), estas vitaminas son termosensibles y partiendo de que generalmente en este país se lo consume en sopas, mermeladas, coladas y sobre todo en un plato típico y tradicional como es la fanesca, estos nutrientes no son aprovechables, a diferencia de la fibra y los carbohidratos totales que aportan un 0.5% y 4.4% (FUNIBER, 2017) respectivamente en cualquier condición.

ECOPACIFIC con 10 años en el mercado ecuatoriano cuenta con productos elaborados con los mejores estándares de calidad, los cuales están agrupados en tres líneas: embotellados (jugos y néctares), producto a granel (frutas y verduras) y la línea de procesados de la marca *Horti Listo* (frutas y verduras semiprocadas); dentro de estos últimos productos se encuentra el zambo. Por

otro lado, la producción de la hortaliza es relativamente alta en la empresa ya que presenta un registro de consumo mensual de 7000 unidades en el mercado ecuatoriano.

La escasa información sobre el estudio del zambo (*Cucurbita ficifolia bouche*) durante el almacenamiento en condiciones distintas al ambiente origina que se desconozcan los cambios y comportamientos que puede llegar a tener dicho fruto. Razón por la cual se busca generar información mediante la aplicación de las atmósferas modificadas en la pulpa de zambo, consiguiendo datos que determinen el comportamiento de la pulpa frente a distintas concentraciones de gases.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de atmósferas modificadas y temperatura de almacenamiento en la conservación de las propiedades fisicoquímicas, el contenido de fibra y carbohidratos del zambo en trozos *Cucurbita ficifolia bouche*.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar la materia prima mediante análisis fisicoquímicos.
- ❖ Determinar el contenido de fibra y carbohidratos en la pulpa de zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.
- ❖ Evaluar el efecto del almacenamiento en atmósferas modificadas sobre las propiedades fisicoquímicas al finalizar el tratamiento.
- ❖ Realizar el análisis económico de la aplicación de la tecnología en la conservación del zambo.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS NULA

Las atmósferas modificadas y la temperatura de almacenamiento no afectan a las propiedades fisicoquímicas, el contenido de fibra y carbohidratos del zambo *Cucurbita ficifolia bouche*.

1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Las atmósferas modificadas y la temperatura de almacenamiento afectan en la conservación de las propiedades fisicoquímicas, el contenido de fibra y carbohidratos del zambo *Cucurbita ficifolia bouche*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN DEL ZAMBO

De acuerdo con Suquilanda (2011), los zambos han sido consumidos por los pueblos americanos desde hace varios miles de años. En el área que constituyó el antiguo imperio de los incas, se han encontrado evidencias relacionadas con este tipo de cultivos, con antigüedad que data entre los 3000 a 5000 años. El zambo es un fruto destinado al consumo en los hogares en la elaboración de productos artesanales como dulces, sopas, bebidas, entre otros, la tabla 1 establece la clasificación taxonómica del mismo.

Tabla 1. Taxonomía del zambo

Nombre científico	Cucúrbita ficifolia bouché
Nombre común	Zambo, cabellos de ángel, Calabaza
Familia	Cucurbitácea
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Cucurbitales
Género	Cucúrbita

Fuente: Lim (2012)

2.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, CONTENIDO DE VITAMINAS Y MINERALES

En la investigación de Arévalo & Arias (2008) señalan que los datos de la composición química varían entre límites que dependen no solo de las líneas, sino también de las condiciones del cultivo, climatología, abonado, época de cosecha, hasta que llega al consumidor. En las tablas 2 y 3 se detallan la composición química y el contenido de vitaminas y minerales del zambo.

Tabla 2. Composición nutricional en el zambo

Nutrientes	Tierno	Maduro
Humedad (%)	94.5	91.4
Proteína (%)	0.3	0.2
Grasa (%)	0.1	0.5
Carbohidratos totales (%)	4.4	6.9
Fibra cruda (%)	0.5	0.6
Ceniza (%)	0.2	0.4

Fuente: FUNIBER (2017)

Tabla 3. Contenido de vitaminas y minerales en el zambo

Nutrientes	Tierno	Maduro
Calcio (mg)	24	21
Fósforo (mg)	13	6
Hierro (mg)	0.3	0.5

Caroteno (mg)	0.04	---
Tiamina (mg)	0.02	0.01
Riboflavina (mg)	0.01	0.02
Niacina (mg)	0.26	0.22
Ácido ascórbico (mg)	18	4

Fuente: FUNIBER (2017)

2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

El análisis fisicoquímico de los alimentos es primordial en el aseguramiento de la calidad, ya que ayuda a determinar el valor nutricional y controlar el cumplimiento de ciertos parámetros, además del estudio de adulteraciones, irregularidades, contaminaciones, en alimentos frescos y en los que han sufrido un proceso de transformación (Cazar Villacís, 2016). Así también, Márquez et al., (2009) menciona que el estudio de las variables en poscosecha, como SST, acidez, rendimiento en pulpa entre otros, determina aspectos tan relevantes como el índice de madurez, la calidad sensorial y la calidad comercial y nutricional de las frutas.

2.3.1. pH

Domene Ruiz & Segura Rodríguez (2014) establecen que el pH es la medida potenciométrica más importante utilizada en la industria agroalimentaria y sirve para cuantificar la concentración de H_3O^+ , esto se puede relacionar con el contenido de ácidos presentes, la capacidad de proliferación microbiana en conservación puesto que actuará a nivel fisiológico en el fruto como barrera como barrera fisiológica natural frente a la acción microbiana.

2.3.2. SÓLIDOS SOLUBLES

Las frutas contienen muchos compuestos solubles en agua como, por ejemplo, azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Estos compuestos solubles forman el contenido de los sólidos solubles de la fruta. Los sólidos solubles totales (SST) son una importante característica de la calidad poscosecha, ya que la cantidad de SST o azúcar en las frutas aumenta a medida que éstas maduran (Millán Cardona & Ciro Velásquez, 2005).

2.3.3. ACIDEZ TITULABLE

En 2005, Millán Cardona y Ciro Velásquez mencionan que la acidez titular brinda una medida de la cantidad de ácido presente. La valoración ácido-base consiste en la determinación de la concentración de un ácido o una base, mediante la adición de un volumen exactamente medido de base o ácido de concentración conocida (agente valorante) (Domene Ruiz & Segura Rodríguez, 2014).

2.4. COLOR

El fenómeno del color es una respuesta psico-física de la interacción de la luz y los objetos, además de la experiencia subjetiva de un observador, cuya percepción se ve influenciada de forma directa por la fuente de la luz y la relación espacial del objeto visto por el observador (Villegas, Gómez, & Moreno, 2016). Se trata de una apreciación, que depende de cómo los ojos detectan la luz reflejada y de cómo el cerebro la procesa (Delmoro, Muñoz, Nadal, Clementz, & Pranzetti, 2010). Por lo tanto, el color no es una propiedad intrínseca del objeto, ya que, si se cambia la fuente de luz, el color del objeto también cambia (Wu & Sun, 2013).

La sensación de color depende de la distribución espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador (Delmoro, Muñoz, Nadal , Clementz, & Pranzetti, 2010).

Según Wu & Sun (2013), el color es un atributo sensorial importante para proporcionar información básica de calidad para la percepción humana, y tiene una estrecha asociación con factores de calidad como frescura, madurez, variedad y seguridad alimentaria, por lo tanto, es un factor de clasificación importante para la mayoría productos alimenticios. En la industria alimentaria, el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como la capacidad de retención de agua, oxidación o degradación de un producto, desverdización de cítricos (ICC), conservación en atmósferas controladas (Delmoro, Muñoz, Nadal , Clementz, & Pranzetti, 2010).

2.5. TEXTURA

La textura es definida por Puma & Núñez (2018) como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos detectados a través de los sentidos de la vista, la audición, el tacto y la cinestésica.

La textura de frutas y hortalizas frecuentemente se considera en términos de firmeza, crujencia, jugosidad, y dureza (atribuida a la fibrosidad del tejido vegetal), donde el tejido firme o crujiente es generalmente deseado en frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas (Ruelas Chacón, y otros, 2013). Ejemplificando dichos términos de textura, cada producto es valorado diferentemente: ya sea por su firmeza (tomate, pimiento), la ausencia de fibrosidad (espárragos), su blandura (banana), jugosidad (ciruelas, peras, cítricos), crocantez (apio, zanahoria, manzana),

terneza (arvejas), etc. (Aguayo Giménez , Alegre Castellví, Artés Calero, & Correa Hernando, 2010)

La textura es evaluada sensorialmente por el consumidor generando así la calidad de las frutas y hortalizas por medio de la aceptación o rechazo de los mismos, en la siguiente figura 1 se observan las diferentes percepciones de calidad de un alimento por parte del consumidor.

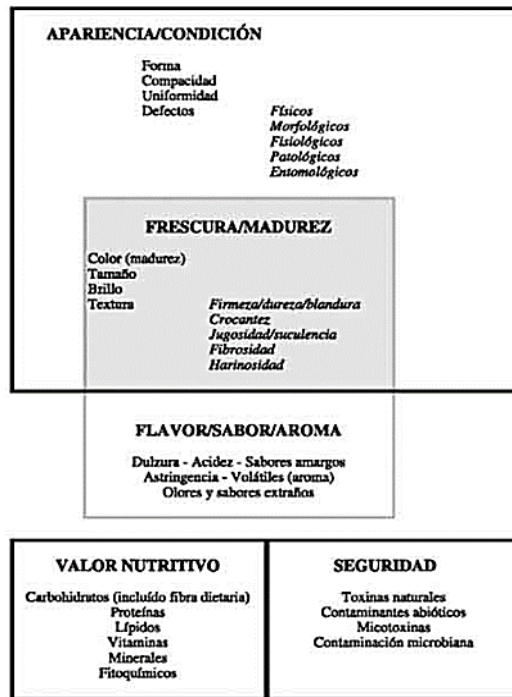


Figura 1. La percepción de la calidad por el consumidor

Fuente: (FAO, 2003)

2.6. MADURACIÓN DEL FRUTO

El proceso de maduración se da gracias a la acción del etileno, el cual es un gas generado por las plantas. Es una hormona que si se asocia con la maduración es benéfico, pero si se aplica durante demasiado tiempo, la maduración puede progresar a la senescencia y la pulpa puede volverse demasiado blanda (Perera, 2007).

La maduración principalmente se desarrolla en las frutas adheridas a las plantas, de igual manera en frutas que se encuentran separadas de las plantas. Mientras el proceso de maduración va avanzado la actividad de las enzimas incrementa, presenta cambios en el contenido de proteínas y también cambios en las características organolépticas del fruto.

Basado en la investigación de los autores Black & Ortega (2005) mencionan que los índices de madurez se agrupan por naturaleza en sensoriales, físicos, químicos, fisiológicos y por medio de cálculos; los cuales están listados a continuación.

a) Índices Sensoriales

- Visuales
- Color de la piel o corteza, color de la pulpa, llenado del fruto, presencia de hojas secas, secamiento del cuerpo de la planta
- Textura (tacto)

b) Índices Físicos

- Facilidad de abscisión o separación
- Tamaño dimensiones
- Consistencia (Penetrometría)
- Sólidos solubles totales o índice refractométrico
- pH
- Pesos secos y frescos
- Gravedad específica

c) Índices Químicos

- Acidez total

- Contenidos de vitaminas, ácidos orgánicos, azúcares, almidones, aceite, colorantes, etc.
- Índice de formol

d) Índices Fisiológicos

- Rendimiento de pulpa, jugo o almendra
- Respiración, producción de: CO₂, energía, consumo de O₂
- Producción de etileno

e) Índices por medio de cálculos

- Cantidad de días transcurridos después de la floración
- Período vegetativo determinado
- Unidades de calor

Los factores que afectan la respiración son el tipo y la etapa de madurez del producto, también puede verse afectada por una amplia gama de factores ambientales que incluyen luz, estrés químico, estrés por radiación, estrés hídrico, reguladores del crecimiento y ataque de patógenos. Los factores más importantes de postcosecha son la temperatura, la composición atmosférica y el estrés físico. Un método para mejorar estos problemas sería elegir una película con permeabilidad cambios para el O₂ similares a los de la respiración del producto, por lo que, si aumenta la temperatura, la respiración y la permeabilidad de la película aumentan una cantidad equivalente (Mattos , Moretti, & Ferreira, 2012).

2.7. PRODUCCIÓN DE ETILENO

El etileno, el más simple de los compuestos orgánicos que afectan los procesos fisiológicos, es un producto natural del metabolismo y de algunos microorganismos.

Como una hormona vegetal, el C_2H_4 regula muchos aspectos del crecimiento, el desarrollo y la senescencia, y es fisiológicamente activo en pequeñas cantidades (Kader A. , Postharvest biology and technology: an overview, 2002).

De acuerdo a Perera (2007) la producción de etileno es promovida por tensiones tales como la lesión por frío y las heridas, y este estrés inducido por C_2H_4 puede mejorar la maduración de la fruta. En la lista a continuación se muestran los beneficios del etileno en la calidad de las frutas:

- Promueve el desarrollo del color en las frutas
- Estimula la maduración de las frutas climatéricas
- Promueve la desaparición de los cítricos
- Estimula la dehiscencia en nueces
- Altera la expresión sexual en las cucurbitáceas
- Promueve la floración en Bromeliácea (p. Ej., Piña)
- Reduce el alojamiento de cereales al inhibir el tallo
- Promueve el desarrollo del color en las frutas

2.8. EL ALMACENAMIENTO DURANTE LA COSECHA

La mayoría de los productos hortícolas tienen una corta temporada de cosecha, y el almacenamiento a corto o largo plazo es necesario no solo para ampliar el período de comercialización de los productos frescos, sino también para regular el flujo del producto y extender la temporada de procesamiento. Los principales objetivos del almacenamiento son (i) ampliar la disponibilidad de productos frescos en el mercado, (ii) garantizar el suministro continuo de materia prima de calidad a los procesadores, (iii) ampliar la duración de la temporada de procesamiento, (iv) para mantener la materia prima obtenida durante las situaciones de precios

favorables, (v) para condicionar ciertos productos como papas, cebollas y ajos, y (vi) para madurar ciertas frutas como mangos y plátanos (Kumar Mishra & Gamage, 2007).

2.9. TÉCNICAS PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL

Rodríguez Saucedo (2011) establece que la preservación de alimentos puede definirse como el conjunto de tratamiento que prolonga la vida útil de aquellos, manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y especialmente valor nutritivo. Esta definición involucra una amplia escala de conservación, desde períodos cortos, dados por métodos domésticos de cocción y almacenamiento en frío, hasta períodos muy prolongados, dados por procesos industriales estrictamente controlados. Actualmente, se busca la combinación de dos o más factores que interaccionen aditiva o sinérgicamente controlando a la población microbiana, evitando la aplicación de un solo factor de conservación en forma severa, lo que mejora la calidad sensorial y nutricional del alimento; permitiendo el procesamiento de productos semejantes al producto fresco, más sanos, con menos aditivos y listos para preparar y servir.

Se han usado diversos enfoques para controlar los cambios fisiológicos indeseables que afectan negativamente a la calidad de los productos mínimamente procesados. La refrigeración, el control de la humedad y la inmersión en soluciones químicas como el ácido ascórbico y el calcio se han utilizado con éxito para preservar la calidad del producto y mejorar la vida útil. Los productos mínimamente procesados deben refrigerarse (0°C-5°C) para prolongar su calidad y seguridad. La eliminación de C₂H₄ del entorno de almacenamiento de frutas y verduras mínimamente procesadas puede retrasar el reblandecimiento del tejido. Las atmósferas modificadas deseables se pueden predecir y crear dentro y alrededor de los productos seleccionando el embalaje apropiado. Las atmósferas controladas pueden reducir los efectos del C₂H₄ en los tejidos de las frutas y retardar

la senescencia, retrasar el ablandamiento y ayudar a prolongar la vida poscosecha. Los recubrimientos y películas comestibles se han utilizado con éxito con algunos productos básicos para proporcionar barreras útiles a la humedad, el O₂ y el CO₂, al tiempo que se mejora la reciclabilidad del envase (Perera, 2007). Dentro de las técnicas utilizadas para extender la vida útil de los alimentos se encuentran: atmósferas modificadas, refrigeración, deshidratación, pasteurización entre otras; las cuales se describen a continuación.

2.9.1. REFRIGERADO

En las investigaciones de (El-Ramady, Domokos-Szabolcsy, Abdalla, Taha, & Fári, 2015) y (FAO, 2003) establecen que la refrigeración es el método más utilizado para extender la vida de las frutas y verduras después de la cosecha y el control de la temperatura es una de las principales herramientas para extender la vida de la cosecha. Las bajas temperaturas ralentizan el metabolismo del producto y la actividad de los microorganismos responsables del deterioro de la calidad. Como resultado, las reservas se mantienen con una tasa de respiración más baja, la maduración se retrasa y la presión de vapor entre los productos y el ambiente se minimiza, lo que reduce la pérdida de agua. Estos factores contribuyen a mantener la frescura al reducir la velocidad a la que se deteriora la calidad y se preserva el valor nutricional del producto.

2.9.2. ATMÓSFERAS MODIFICADAS

Según Rangel & López (2012) el envasado en atmósfera modificada (EAM) es un proceso dinámico que puede generarse de manera activa o pasiva, alterando la composición gaseosa dentro del empaque (película plástica), ya sea por la sustitución de un gas, o de una mezcla de gases; la selección del gas o mezcla de gases a emplear dependerá del tipo de producto a empacar y almacenar. La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el período de

almacenamiento por la influencia de diferentes factores, como son la respiración del producto envasado, los cambios bioquímicos en el producto, la difusión de los gases a través de la película plástica en función de su espesor y área superficial expuesta, la masa del producto envasado, y la temperatura de almacenamiento.

Entre los beneficios de las atmósferas modificadas Ospina & Cartagena (2008) mencionan los siguientes:

- Frenan la actividad respiratoria.
- Reducen o inhiben la síntesis de etileno.
- Inhiben la maduración.
- Limitan el ablandamiento (actividad de la pectinestearasa y la poligalacturonasa).
- Retrasan las pérdidas de textura.
- Restringen los cambios de composición (pérdida de acidez y de azúcares, degradación de clorofila, desarrollo de antocianos, biosíntesis de carotenos, prevención de la rancidez y pardeamiento enzimático paliando las alteraciones fisiológicas y los daños por frío, manteniendo el color y protegiendo las vitaminas de los productos frescos).

Atmósferas modificadas ricas en CO₂ y pobre en O₂, puede potencialmente reducir la tasa de respiración, la descomposición y los cambios fisiológicos. El aumento en la vida de anaquel de un producto en atmósfera modificada, se puede atribuir principalmente a la baja concentración de O₂ y alta concentración de CO₂, lo que provoca una disminución en la tasa de respiración e inhibe el crecimiento microbiano (Andrade , Palacio , Pacheco, & Betin, 2012).

Dentro de las atmósferas modificadas existen 2 tipos: atmósfera modificada pasiva y activa.

2.9.2.1. ATMÓSFERA MODIFICADA PASIVA

De acuerdo con Rangel & López (2012) este tipo de atmósfera consiste en la utilización de películas plásticas de diferente permeabilidad a los gases para crear de forma pasiva una atmósfera modificada favorable por efecto de la permeabilidad del envase, la respiración y actividad bioquímica del producto, entre otros factores. Después de la cosecha, las frutas siguen consumiendo O₂ y produciendo CO₂ y vapor de agua, el envasado pasivo se lleva a cabo por la respiración del producto y permeabilidad de la película que la recubre, se puede desarrollar una atmósfera adecuada pasivamente dentro de un envase sellado a través del consumo de O₂ y producción de dióxido de carbono por respiración. La permeabilidad al gas de la película plástica seleccionada debe permitir que el oxígeno entre al envase a una velocidad compensada por el consumo de O₂ por el producto, así de la misma manera debe descargar el CO₂ del envase para compensar su producción por el producto (Kader A. A., 2007).

2.9.2.2. ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA

Aunque la modificación activa implica algunos costos adicionales, su principal ventaja es que asegura el rápido establecimiento de la atmósfera deseada. Además, los absorbedores de etileno pueden ayudar a retrasar el aumento climático en la respiración de algunas frutas. Los absorbedores de dióxido de carbono pueden evitar la acumulación de CO₂ a niveles perjudiciales, que pueden ocurrir para algunos productos durante la modificación pasiva de la atmósfera del paquete (Kader A. , 2002).

Yoplac , Char, Hinojosa , Obando , & Escalona (2013) encontraron que el ambiente gaseoso del empaque varía cuando se aplican las atmosferas modificadas activas, disminuyendo así la

respiración del producto, inhibe el desarrollo de microorganismos y prolonga su vida útil comercial.

Según Kader A. (2002) muchas películas plásticas están disponibles para empaacar, pero relativamente pocas se han usado para envolver productos frescos, y menos tienen permeabilidades a los gases que las hacen adecuadas para usar en MAP. Debido a que el contenido de O_2 en un paquete MA normalmente se reduce de un 21% a un 2 a un 5%, existe el peligro de que el CO_2 aumente del 0.03% ambiental al 16 al 19% en el paquete. Esto se debe a que normalmente existe una correspondencia uno a uno entre el O_2 consumido y el CO_2 producido.

Basado en la investigación de Kader A. (2002) en frutas y verduras los altos niveles de CO_2 serían perjudiciales para la mayoría ya que una película ideal debe permitir que salga más CO_2 para que entre el O_2 . De igual forma se establece que la permeabilidad al dióxido de carbono debe ser de 3 a 5 veces la permeabilidad al oxígeno, esto depende de la atmósfera deseada puesto que varios polímeros utilizados en la formulación de películas cumplen este criterio; el polietileno de baja densidad y cloruro de polivinilo son las principales películas utilizadas en el envasado de frutas y verduras. Es así que con lo anteriormente expuesto en la figura 2 se muestra el comportamiento de los alimentos dentro de las bolsas, estableciendo condiciones anaeróbicas y condiciones de permeabilidad.

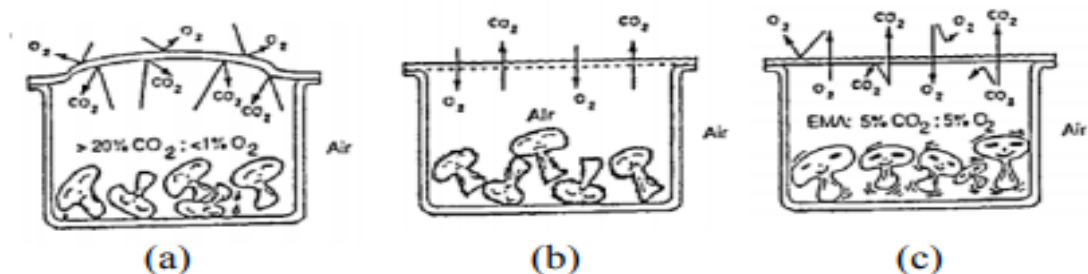


Figura 2. (a) Película de barrera: condiciones anaeróbicas indeseables; (b) Película completamente permeable: ninguna modificación atmosférica deseable; (c) Película permeable intermedia: EMA deseable

Fuente: (S.V. Irtwange , 2006)

En el caso de la tabla 4 se describe la permeabilidad de los diferentes tipos de películas utilizados para envasar los productos frescos.

Tabla 4. Permeabilidades de las películas disponibles para envasar productos frescos

Tipo de película	Permeabilidad		CO ₂ :O ₂ Proporción
	(cc/m ² /mil/día a 1 atm)		
	CO ₂	O ₂	
Poliétileno de baja densidad	7,700-77,000	3,900-13,000	2.0-5.9
Cloruro de polivinilo	4,236-8,138	620-2,248	3.6-3.9
Polipropileno	7,700-21,000	1,300-6,400	3.3-5.9
Poliestireno	10,000-26,000	2,600-7,700	3.4-3.8
Saran	52-150	8-26	5.8-6.5
Poliéster	180-390	52-130	3.0-3.5

Fuente: S.V. Irtwange (2006)

El objetivo que tienen en común todas estas técnicas es preservar el fruto en propiedades como color, textura, sabor, polifenoles, carbohidratos, fibra. Entre los más importantes se encuentran las que se mencionaran a continuación.

2.10. FIBRA

Las fibras cumplen la función de ser la parte estructural de las plantas y por tanto se encuentran en todos los alimentos derivados de las plantas como puede ser las verduras, frutas, cereales y legumbres (Sampayo Hernández, 2011).

Es un componente vegetal que contiene polisacáridos y lignina, además presenta una alta resistencia a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas (Escudero Álvarez & González Sánchez, 2006). Así también, Matos & Chambilla (2010) mencionan que las fibras procedentes de vegetales y frutas y de sus respectivos residuos como las cáscaras y hojas son consideradas en general de mayor calidad tecnológica.

En base a la solubilidad en agua existen dos grupos de las fibras: fibras insolubles y fibras solubles.

La fibra insoluble es de gran utilidad para la industria alimentaria, como aditivo alimentario en las diferentes formulaciones de productos, ya que no provocan cambios en la textura o modificaciones del producto (Matos Chamorro & Chambilla Mamani, 2010). A diferencia de las fibras solubles presenta la capacidad para formar geles, esta propiedad permite la absorción de nutrientes como los azúcares. En la figura 3 se ilustra la clasificación de las fibras con base en sus características.

Fibra dietética	Lignina Celulosa β -Glucanos Pectinas Gomas Inulina y oligofruktosa Almidón resistente
Fibra funcional	Dextrinas resistentes (e.g. dextrinas del trigo) Psyllium Quitina y quitosano Fructo-oligosacáridos Polidextrosa y polioles
Fibra soluble	Dextrina de trigo β -Glucanos Gomas (e.g. goma guar, goma guar parcialmente hidrolizada) Mucilagos (e.g. psyllium) Pectinas Fructooligosacáridos Algunos tipos de hemicelulosas Fuentes: avenas y productos derivados y leguminosas
Fibra insoluble	Celulosa Lignina Algunos tipos de pectinas Algunos tipos de hemicelulosas Fuentes: salvado de trigo y algunas verduras
Fibra fermentable	Dextrina de trigo Pectinas β -Glucanos Goma guar Goma guar parcialmente hidrolizada Inulina y oligofruktosa Fuentes: avena, frutas y verduras
Fibra no fermentable	Celulosa Lignina Fuente: fibra de cereales rica en celulosa (e.g. salvado de trigo)
Fibra viscosa	Pectinas β -Glucanos Algunos tipos de gomas (e.g. goma guar) Mucilagos (e.g. psyllium)
Fibra no viscosa	Celulosa Lignina Algunos tipos de hemicelulosas

Figura 3. Clasificación de fibra con base en sus características

Fuente: (Almeida Alvarado, Aguilar López, & Hervert Hernández, 2014)

2.11. CARBOHIDRATOS

Son definidos químicamente como compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Las unidades más simples de hidratos de carbono se llaman monosacáridos y constan de una sola molécula. Si contiene entre dos y diez unidades se llaman oligosacáridos y los que se componen de más de diez monosacáridos unidos entre sí, se denominan polisacáridos (Instituto Tomás Pascual Sanz, 2010). En la figura 4 se observan los tres grupos en que se dividen los carbohidratos.

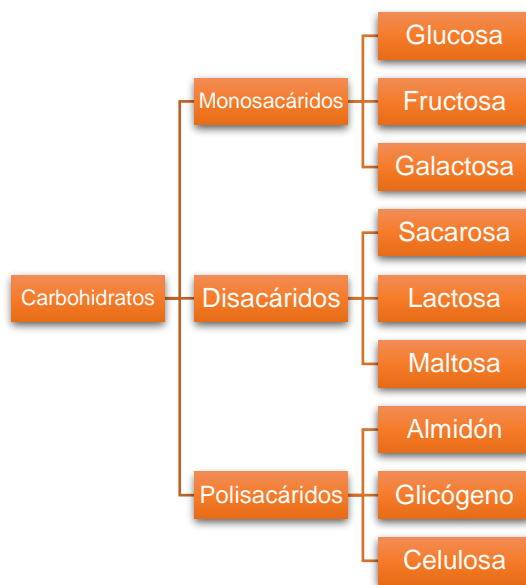


Figura 4. División de los carbohidratos

Parra & Miranda (2016) mencionan que los carbohidratos, acumulados durante el desarrollo del fruto generalmente en forma de almidón, sacarosa o monosacáridos dependen, entre otros factores, de las condiciones ambientales especialmente de la luz y temperatura, por su efecto sobre la cantidad de carbohidratos producidos en la fotosíntesis. La longevidad poscosecha depende de la cantidad de carbohidratos acumulados durante el desarrollo del fruto.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las pruebas preliminares y fase experimental se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Experimental e Innovación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. En la tabla 5 se especifica la localización del área de estudio donde se realizó el experimento.

Tabla 5. Localización del área de estudio

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Temperatura media	17°C
Altitud	2256 m.s.n.m
HR promedio	79,4%
Latitud	0°20` Norte

Fuente: INAMHI (2018)

3.2. UBICACIÓN DEL LUGAR DE OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima (zambo) se obtuvo de la empresa ECOPACIFIC, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Sangolquí. En la tabla número 6 se muestra la localización de la materia prima.

Tabla 6. Localización del lugar de obtención de la materia prima

Provincia	Pichincha
Cantón	Rumiñahui
Lugar	Sangolquí
Temperatura media	15°C
HR promedio	73,5%
Altitud	3000 m.s.n.m.

Fuente: Municipal Gobierno Autónomo Descentralizado (2014)

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la presente investigación, se hizo uso de los distintos materiales y equipos que se mencionan a continuación en la tabla 7.

Tabla 7. Materiales y equipos para el desarrollo de la fase experimental

Materia prima	Materiales	Equipos	Insumos/Reactivos
<i>Zambo (Cucurbita ficifolia bouche)</i>	Buretas	Mezclador de gases	Ácido peracético
	Vasos de precipitación	Analizador de gases WITT: MAPY 4.0 LE SP O ₂ /CO ₂	Hipoclorito
	Probetas	Refrigerador	Hidróxido de sodio al 0,1N
	Pipetas	Balanza analítica	Agua destilada
	Agitador magnético	Potenciómetro	Fenolftaleína 1%
	Escurreidor de vegetales	Texturómetro	
	Bandejas plásticas	Selladora	

Empaques de polietileno de baja densidad

Cuchillos

Tablas de picar

3.4. MÉTODOS

Para el desarrollo del siguiente proyecto se establecen los siguientes métodos según los objetivos específicos planteados:

3.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Se analizó las características fisicoquímicas del zambo antes y después de su almacenamiento en atmósferas modificadas, para determinar los probables cambios que puede llegar a tener. A continuación, en la tabla 8 se detallan las variables que se evaluaron en la materia prima con su respectivo método y su descripción se presenta en el Anexo 7.1.

Tabla 8. Variables a evaluar materia prima

Variables	Unidades	Métodos
Sólidos Solubles	°brix	Refractómetro digital / AOAC 932.12
pH	-	Potenciómetro Jenway (modelo 3510) / AOAC 981.12
Acidez titulable	% de ácido cítrico	Titulación / AOAC 942.15

3.4.2. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS EN EL ZAMBO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS

Las variables evaluadas en el diseño experimental se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Variables para evaluar en el experimento

Características	Variabes	Unidades	Métodos
Proximal	Fibra cruda	%	AOAC 978.10
	Carbohidratos	%	Método por diferenciación

La descripción de las características proximales se menciona en el anexo 7.2.

3.5. DESARROLLO DE LA EXPERIMENTACIÓN

En el desarrollo del experimento las variables a evaluar serán el contenido de fibra y carbohidratos presentes en el zambo durante su almacenamiento, en consecuencia, el análisis de estos datos se realizará con un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $A \times B + 2$, el cual presenta las siguientes características.

3.5.1. FACTORES EN ESTUDIO

Se estableció como factores en estudio para la presente investigación dos temperaturas de refrigeración (A) y tres concentraciones de gases (B), como se detalla a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Factores en estudio

Factor A: Temperatura	Factor B: Concentración de gases
A1: 5°C	B1: 10% CO ₂ , 15% O ₂ , 75% N ₂
A2: 8°C	B2: 20% CO ₂ , 10% O ₂ , 70% N ₂
	B3: 15% CO ₂ , 10% O ₂ , 75% N ₂

3.5.2. TRATAMIENTOS

A continuación, en la tabla 11 se describen los tratamientos en estudio con su descripción respectiva.

Tabla 11. Descripción y nomenclatura de los tratamientos.

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
T1	A1B1	5°C + 10% CO ₂ ; 15% O ₂ ; 75% N ₂
T2	A1B2	5°C + 20% CO ₂ ; 10% O ₂ ; 70% N ₂
T3	A1B3	5°C + 15% CO ₂ ; 10% O ₂ ; 75% N ₂
T4	A2B1	8°C + 10% CO ₂ ; 15% O ₂ ; 75% N ₂
T5	A2B2	8°C + 20% CO ₂ ; 10% O ₂ ; 70% N ₂
T6	A2B3	8°C + 15% CO ₂ ; 10% O ₂ ; 75% N ₂

T7= Testigo 1 fruto almacenado a 5 °C, con concentración de gases atmosféricos.

T8= Testigo 2 fruto almacenado a 8 °C, con concentración de gases atmosféricos.

3.5.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

- Número de repeticiones por tratamiento 3
- Número de tratamientos 8
- Unidades experimentales 24

3.5.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento estará conformado por 24 unidades experimentales que pesarán 600g de materia prima (zambo) fresca, con un índice de madurez fisiológica de color blanco en la pulpa, sano y exento de deterioro alguno, usando fundas de polietileno de baja densidad.

3.5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la tabla 12 se describe el esquema del análisis estadístico.

Tabla 12. Análisis de varianza DCA con arreglo factorial AxB+2

Fuentes de variación	G.L
Total	23
Tratamientos	7
Factor A (temperatura de refrigeración)	1
Factor B (concentración de gases)	2
A x B	2
Testigo vs el resto	1
Testigo 1 vs Testigo 2	1
Error experimental	16

Para diferencias significativas entre tratamientos se realizó la prueba Tukey con un nivel de confianza al 5%.

3.6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El manejo específico del experimento se ejecutó a través del diagrama de bloques que se especifica a continuación en la figura 5.

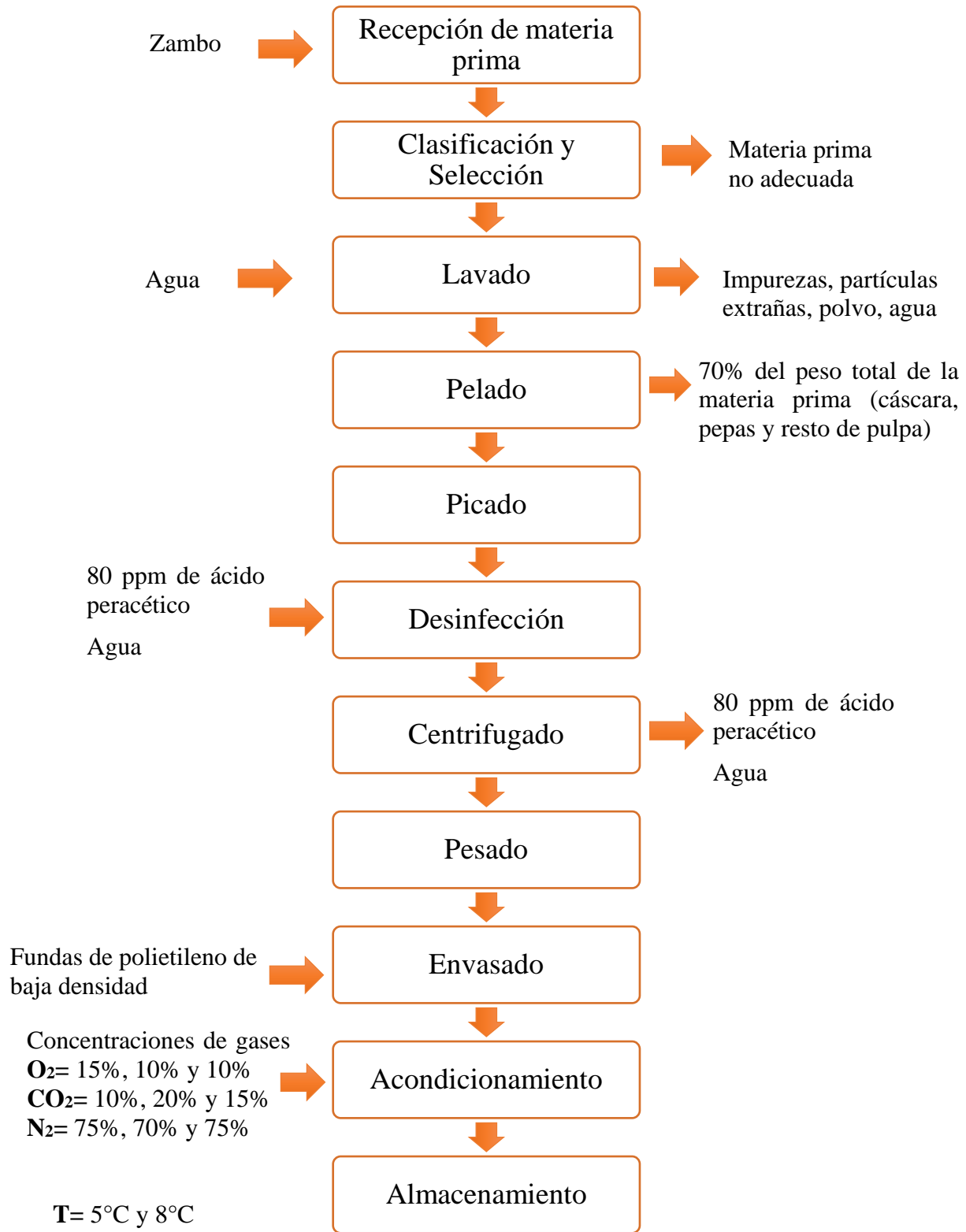


Figura 5. Diagrama de Bloques

3.6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN

3.6.1.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima (zambo) se obtuvo de la empresa ECOPACIFIC, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Sangolquí. Como se ilustra en la figura 6 para la presente investigación la materia prima debió presentar un estado de madurez tierno, alta calidad, buenas condiciones en las propiedades y características (forma y defectos) y sin algún deterioro o contaminación (Sanz, 2017).



Figura 6. Materia prima Zambo

3.6.1.2. CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN

El zambo cumplió las condiciones de peso de 1500g - 4000g; con un índice de madurez fisiológica en la corteza y sin golpes como se observa en la figura 7. El estado de madurez se analiza mediante pruebas físicas (tacto y vista) en la corteza y el pedúnculo respectivamente.



Figura 7. Clasificación y selección de zambo

3.6.1.3. LAVADO

Se realizó un lavado con abundante agua con el propósito de eliminar los residuos restantes que pueden quedar adheridos en la materia prima como se aprecia en la figura 8.



Figura 8. Lavado de zambo

3.6.1.4. PELADO

Con la finalidad de obtener la pulpa del zambo, se retiró la cáscara y se partió el zambo por la mitad; luego se extrajeron las pepas, cáscara y parte de la pulpa que no se utilizó para su procesamiento como se muestra en la figura 9. Dando como resultado un 70% de pérdida del peso total de la materia prima.



Figura 9. Pelado de zambo

3.6.1.5. PICADO

Como se observa en la figura 10, el 30% restante de la materia prima a utilizar es la pulpa, la cual se picó en cubos con un tamaño de 2 a 3 cm de lado.



Figura 10. Picado de zambo

3.6.1.6. DESINFECCIÓN

Los cubitos de zambo se sumergieron en una solución de 80ppm de ácido peracético durante 20 o 30 segundos como se puede ilustrar en la figura 11.



Figura 11. Desinfección de cubitos de zambo

3.6.1.7. CENTRIFUGADO

Ingresaron los cubitos a la centrífuga con el propósito de eliminar el exceso de la solución de ácido peracético durante 1 minuto como se observa en la figura 12.



Figura 12. Centrifugado de cubitos de zambo

3.6.1.8. PESADO

Se utilizó una balanza analítica en la que se pesó 600g de pulpa de zambo para su posterior envasado.

3.6.1.9. ENVASADO

Los trozos de la pulpa de zambo se envasaron en fundas de polietileno de baja densidad como se aprecia en la figura 13, las cuales presentaron un medio de alta permeabilidad a gases, vapor, aromas y grasas; permitiendo una entrada y salida de O₂ y CO₂ (Ospina & Cartagena, 2008).



Figura 13. Envasado de zambo

3.6.1.10. ACONDICIONAMIENTO

Como se ilustra en la figura 14, en el acondicionamiento se utilizó el mezclador de gases de O₂, CO₂, N₂, para lo cual el empaque fue llenado mediante inyección con las mezclas de gases previamente establecidas.



Figura 14. Acondicionamiento de atmósferas modificadas

3.6.1.11. ALMACENAMIENTO

Las unidades experimentales se almacenaron a temperaturas de refrigeración de 5°C y 8°C por un periodo de 15 días como se muestra en la figura 15. Durante el almacenamiento de la materia prima se realizaron los análisis de contenido de fibra y carbohidratos en los días 0, 5, 10 y 15. También

en el día 15 se evaluaron nuevamente los análisis fisicoquímicos del producto, para calcular la variación en sus propiedades.



Figura 15. Almacenamiento de producto final

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se evidencian los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y el contenido de fibra y carbohidratos en el zambo almacenado durante 15 días en atmósferas modificadas.

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Con base en el primer objetivo, en la tabla 13 se aprecian los valores obtenidos de pH, sólidos solubles y acidez titulable del zambo (*Cucurbita ficifolia bouche*) los cuales son 5,73; 3,21; 0,27 respectivamente.

Tabla 13. Análisis químico proximal del zambo

Parámetro analizado	Unidad	Resultado
pH	-	5,73±0,05
Sólidos solubles	°Brix	3,21±0,09
Acidez titulable	% de ácido cítrico	0,27±0,01

Quinteros Chávez (2010) en su investigación obtuvo los valores de 5,9 pH; 3,8 de sólidos solubles y 0,1% en acidez titulable. A su vez Arévalo & Arias (2008) muestran los valores de 5,69 pH; 3,43 de sólidos solubles y 0,04% en acidez titulable; por lo tanto, los valores alcanzados se asemejan a las dos investigaciones y las diferenciaciones que existan pueden deberse a factores y condiciones no controlables como climáticas y el lugar o región de cultivo al que fue sometido. De igual

manera, en lo reportado por Alvarez Maya (2019) menciona los siguientes resultados: 5,51 pH a 20°C; 5,20 de sólidos solubles y 0,25% en acidez titulable.

De acuerdo con lo mencionado, se determina que el zambo es un alimento ligeramente ácido y sus valores en los parámetros analizados presentan similitudes en las caracterizaciones realizadas para el zapallo en pH (6,68), sólidos solubles (6) y acidez titulable (0,017) (De La Cruz Porta & Puchoc Ulloa, 2014).

4.2. DETERMINAR EL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS EN LA PULPA DE ZAMBO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS

La cuantificación del contenido de fibra y carbohidratos se realizó en intervalos de 5 días durante el almacenamiento de la pulpa de zambo, para la medición de estas variables se adoptaron los procedimientos establecidos en el anexo 7.2.

4.2.1. INFLUENCIA DE LAS ATMÓSFERAS MODIFICADAS SOBRE EL CONTENIDO DE FIBRA

Seguidamente se caracterizó el contenido de fibra de la materia prima, esto con el fin de determinar el comportamiento de este componente durante su almacenamiento. En la figura 16 se ilustra el comportamiento del contenido de fibra en los días de almacenamiento 0, 5, 10 y 15 en atmósferas modificadas con temperaturas de 5°C y 8°C.

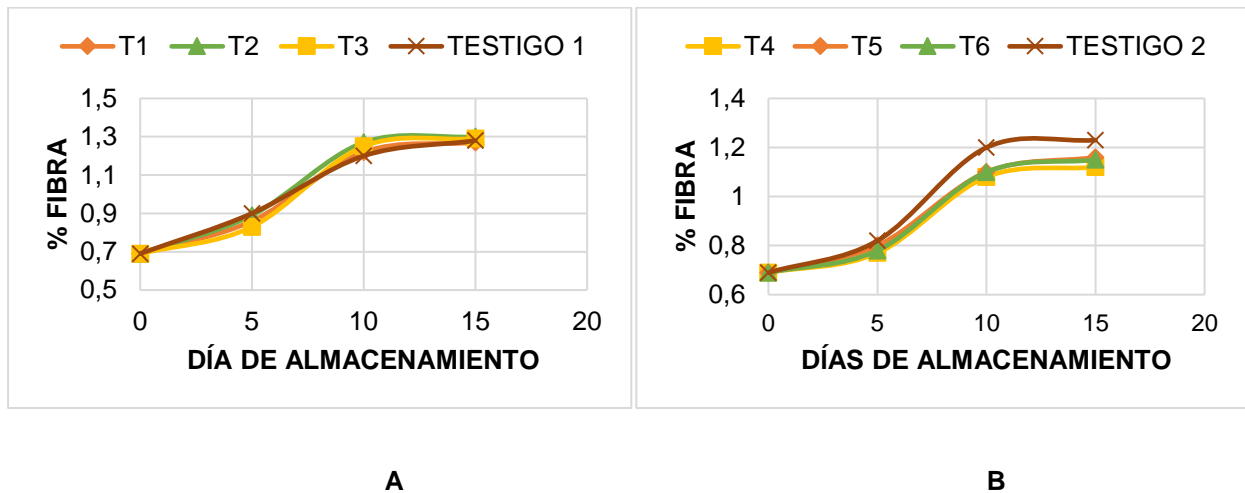


Figura 16. Contenido de fibra durante su almacenamiento A (5°C) y B (8°C).

Se realizó la evaluación del porcentaje de fibra en la materia prima (día 0), el cual fue 0,69% como se aprecia en la figura, se reporta un valor semejante obtenido por Morales Ruiz (2016) de 0,58%, así también Arévalo & Arias (2008) en su investigación sobre la caracterización fisicoquímica del zambo obtuvieron un valor de 0,45% en fibra.

A medida que el periodo de almacenamiento avanza se observa un aumento del porcentaje de fibra, tanto en los testigos como en los tratamientos en ambas temperaturas. Ibarra (2016) en su investigación determinó que el aumento del contenido de fibra de algunos tratamientos, puede deberse a la acción de los microorganismos presentes con tendencia a producir pectinasas, es decir, enzimas que degradan a la pectina, ocasionando un endurecimiento ya que conforman el 30 % de la pared celular de las células vegetales.

Lupano (2013), establece que el pH influye en la estabilidad y en las propiedades funcionales de la fibra. Varios estudios sostienen la hipótesis de que con bajas concentraciones de O₂ y altos niveles de CO₂ se retarda la descomposición de estos compuestos. Sin embargo, el mecanismo por

medio del cual ocurre permanece aún desconocido y, en la mayoría de los casos, los resultados tienen una alta variabilidad (Gómez, Artés Hernández, Aguayo, & Escalona, 2007).

4.2.2. INFLUENCIA DE LAS ATMÓSFERAS MODIFICADAS SOBRE EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS

Durante los días de almacenamiento 0, 5, 10 y 15 en atmósferas modificadas a temperaturas de 5°C y 8°C se obtuvo el comportamiento del contenido de carbohidratos en la materia prima durante su almacenamiento evidenciado a continuación en la figura 17.

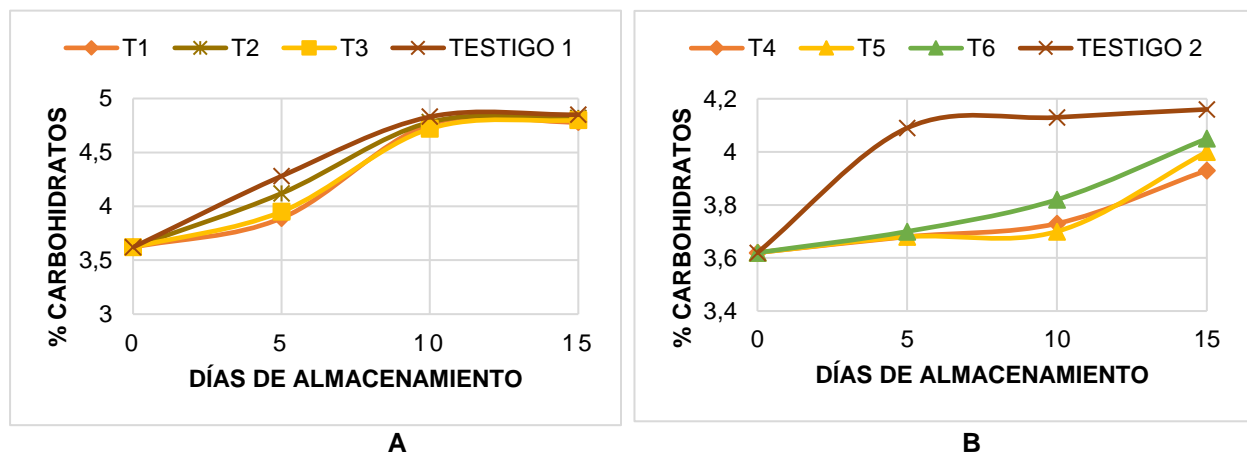


Figura 17. Contenido de carbohidratos en atmósferas modificadas de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) y testigos A (5°C) y B (8°C).

El porcentaje de carbohidratos en la materia prima para el día 0 dio como resulta 3,69% como se ilustra en la figura 17, un valor similar se reportó por Morales Ruiz, (2016) el cual fue de 5,3%; así también Alvarez Maya, (2019) obtuvo un porcentaje de carbohidratos de 4,67% para zambo maduro.

Parra & Miranda (2016) establecen que los carbohidratos, acumulados durante el desarrollo del fruto generalmente en forma de almidón, sacarosa o monosacáridos dependen, entre otros factores,

de las condiciones ambientales especialmente de la luz y temperatura, por su efecto sobre la cantidad de carbohidratos producidos en la fotosíntesis.

De acuerdo con Morales (2016), las condiciones refrigeradas junto con un mayor tiempo de almacenamiento encaminan a una mayor concentración de azúcares reductores, azúcares totales y sacarosa; además, la composición de gases dentro de la atmósfera creada puede encaminar a un aumento de la tasa respiratoria y metabólica en los alimentos altamente perecibles, además menciona que la pérdida de agua es directamente proporcional a la concentración de azúcares reductores.

4.3. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS AL FINALIZAR EL TRATAMIENTO

4.3.1. SÓLIDOS SOLUBLES

La interpretación de los resultados de la variable sólidos solubles se realizó con el análisis de varianza de los datos obtenidos al finalizar su almacenamiento (15 días) como se indica en la tabla 14; que tanto para los tratamientos, así como el factor B (concentración) y el contraste testigo 1 vs testigo 2 son significativos, por lo que se establece que el método de conservación de atmósferas modificadas influye sobre el contenido de sólidos solubles.

Tabla 14. Análisis de varianza de la variable sólidos solubles

Fuentes de variación	SC	GL	CM	Fo	p-valor	
Tratamientos	0,9333	7	0,1333	3,4043	0,0201	*
Temperatura (A)	0,0556	1	0,0556	1,4184	0,2796	ns
Concentración (B)	0,6544	2	0,3272	8,3469	0,0075	*

Temperatura*Concentración	0,0478	2	0,0239	0,6097	0,5901	ns
Testigo 1 y Testigo 2 vs Resto	0,0089	1	0,0089	0,2270	0,6402	ns
Testigo 1 vs Testigo 2	0,1667	1	0,1667	4,2553	0,0557	*
Error	0,6267	16	0,0392			
Total	1,5600	23				

Al presentar una diferencia significativa se realizó una prueba Tukey para los tratamientos que se menciona en la tabla 28 (anexo 7.3). Con base en esta, se determinó que el tratamiento T2 con 3,8 °brix, es el que presenta mejores resultados, como se ilustra en la figura 18, esto se debe a la hidrólisis de los almidones y ácidos orgánicos, que se desdoblán en disacáridos y monosacáridos más simples como sacarosa, fructuosa y glucosa a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Alcocer Pérez, 2018). Este proceso en ocasiones puede alterar las propiedades organolépticas del producto, aunque no fue el caso del tratamiento T2 que conservó la textura y el color durante el almacenamiento.

Por el contrario, existe una diferencia significativa con los tratamientos T6 (8°C) y T3 (5°C) ya que obtuvieron valores menores con relación a los demás tratamientos, presentando la misma concentración de gases, pero de temperaturas diferentes influyendo así en el metabolismo del producto acelerando la oxidación de los ácidos orgánicos.

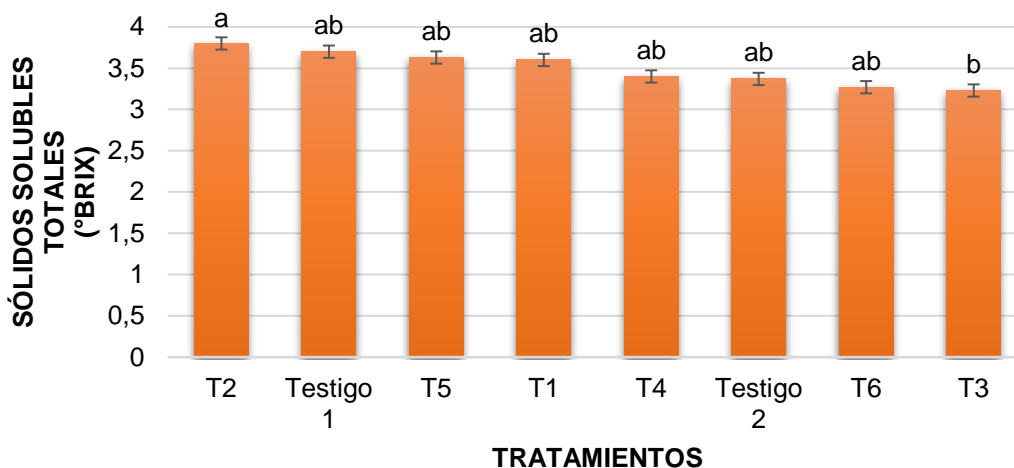


Figura 18. Contenido de sólidos solubles totales al final de su periodo de almacenamiento

Sin embargo, se efectuó la prueba de significancia DMS para el factor concentración de gases (B) como se observa en la tabla 15, la cual determina que con la segunda concentración de gases se obtiene los valores más altos de sólidos solubles como se evidencia en la figura. El incremento de los niveles de CO₂ durante el almacenamiento de frutas y vegetales no siempre disminuye la respiración en todos los tejidos, en algunos, concentraciones elevadas de CO₂ pueden no tener acción sobre el metabolismo o tener un efecto contrario (Sanjuán García, Arellanes Juárez, Benito Bautista, & Vera Guzmán, 2010), es el caso de la presente investigación donde en la atmósfera con mayor concentración de CO₂ se obtuvo una alta concentración de sólidos solubles. Lo anterior puede deberse a la mayor percolación que sufrió el producto en estas condiciones. Por su parte, Jami (2020) 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.

Tabla 15. Prueba DMS para el Factor B (concentraciones de gases)

Factor B	Medias	
2	3,72	a
1	3,50	a b
3	3,25	b

4.3.2. pH

Se efectuó el análisis de varianza variable pH reflejado en la tabla 16, la cual muestra que existe diferencia altamente significativa para los factores temperatura (A), concentración (B) y su interacción AxB. Por lo consiguiente, la aplicación del método de atmósferas modificadas a distintas concentraciones y temperaturas de refrigeración (5°C y 8°C) influye en el comportamiento del pH en el zambo mínimamente procesado durante su almacenamiento.

Tabla 16. Análisis de varianza del pH

Fuentes de variación	SC	GL	CM	Fo	p-valor	
Tratamientos	8,5068	7	1,2153	23,9677	<0,0001	**
Temperatura (A)	4,8257	1	4,8257	95,1815	<0,0001	**
Concentración (B)	0,4088	2	0,2044	4,0316	0,0009	*
Temperatura*Concentración	0,0806	2	0,0403	0,7949	0,1160	*
Testigo 1 y Testigo 2 vs Resto	3,0217	1	3,0217	59,5947	<0,0001	**
Testigo 1 vs Testigo 2	0,1700	1	0,1700	3,3531	0,0858	*
Error	0,8113	16	0,0507			
Total	9,3181	23				

Como resultado en la prueba de Tukey se obtuvieron 4 grupos mencionados en la tabla 29 (anexo 7.3). Por ello, en lo que respecta al pH el valor más alto se presentó en el tratamiento T2 con 6,11 a 5°C como se observa en la figura 19, esto debido a la utilización de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio, tornándose menos ácido con el transcurso del tiempo (Alvarado, Berdugo, & Fischer, 2004). Por otro lado, Sora, Fischer, & Flórez (2006) señalan que no se sabe cuál es la razón de los cambios: si el incremento del pH es una consecuencia del efecto del CO₂ sobre el metabolismo normal o si se trata de una reacción directa del tejido del vegetal para contrarrestar el efecto acidificante del CO₂.

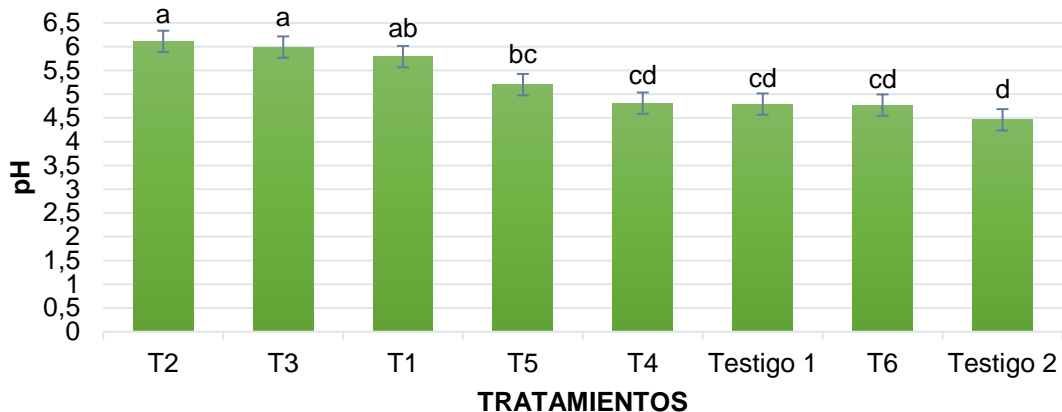


Figura 19. Incremento de pH al final de su periodo de almacenamiento

En la prueba de significancia DMS para los factores A (Temperatura) y B (Concentraciones de gases) presentada en las tablas 17 y 18 respectivamente, exponen que la temperatura de 5°C y la segunda concentración permiten conservar el pH de la materia prima durante su almacenamiento. Por su parte, es notable la influencia de la temperatura, tanto T2, T3 y T1 fueron almacenados a 5°C mantienen mayor valor de pH. Según explica Orjuela et al., (2011) el aumento del pH durante los procesos de conservación controlada obedece a la disminución de los ácidos orgánicos, como resultado de los procesos metabólicos del fruto. A diferencia de los tratamientos almacenados a

8°C que presentaron una disminución, Yépez (2018) explica que esto se debe a que los frutos experimentan un proceso de acidificación debido a que entran a un proceso de senescencia, en el cual realizan una serie de procesos catabólicos con la consecuente degradación de la membrana celular y presencia de compuestos químicos derivados de procesos fermentativos o ataque de microorganismos que le atribuyen al fruto, el incremento de la acidez.

Tabla 17. DMS para el factor A

Factor A	Medias	
5°C	5,96	a
8°C	4,93	b

Tabla 18. DMS para el factor B

Factor B	Medias	
2	5,65	a
1	5,38	b
3	5,30	b

4.3.3. ACIDEZ TITULABLE

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para acidez titulable se ilustran en la tabla 19, en la cual se evidencia que para el factor A (temperatura), factor B (concentración), su interacción AxB, así como el contraste testigo 1 y testigo 2 vs resto no presentan diferencia significativa. En consecuencia, el método de conservación de atmosferas modificadas no influye sobre la acidez titulable.

Tabla 19. Análisis de varianza para acidez titulable

Fuentes de variación	SC	GL	CM	Fo	p-valor	
Tratamientos	0,00356	7	0,00051	0,60768	0,74160	ns
Temperatura (A)	0,00009	1	0,00009	0,10621	0,77430	ns
Concentración (B)	0,00213	2	0,00107	1,27327	0,38580	ns
Temperatura*Concentración	0,00058	2	0,00029	0,34487	0,76090	ns
Testigo 1 y Testigo 2 vs Resto	0,00061	1	0,00061	0,73134	0,40510	ns
Testigo 1 vs Testigo 2	0,00015	1	0,00015	0,17910	0,67780	ns
Error	0,01340	16	0,00084			
Total	0,01696	23				

Sora, Fischer, & Flórez (2006) establecieron que las concentraciones altas de CO₂ inhiben la maduración del fruto y es menor el uso de los ácidos orgánicos. Por lo que, el incremento de la acidez está influenciado por la madurez de fruto. Al no existir un efecto estadístico entre los factores de temperatura y concentración se recomienda trabajar con niveles diferentes a los empleados en este trabajo.

El pH contempla todos los ácidos presentes en el fruto, mientras que la acidez titulable representa al predominante y puede existir un comportamiento diferente a la disminución de la concentración en el tiempo para los demás ácidos que no se contemplan en la acidez titulable (Yépez Pesantez, 2018).

4.3.4. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL ZAMBO

De acuerdo con Rodríguez et al., (2015) los componentes más importantes para la aceptación de un alimento por el consumidor son los atributos que contribuyen a la primera impresión.

El análisis sensorial se aplicó a 50 consumidores, los cuales registraron su percepción de los atributos de color y textura en la ficha de análisis sensorial (Anexo 7.1.4). Mediante la prueba de Friedman, a través de la comparación χ^2 calculado y tabular al 0.05 de nivel de significancia se analizaron los resultados, las puntuaciones obtenidas para cada atributo se muestran en las figuras 20 y 22 a continuación.

4.3.4.1. COLOR

En la figura 20, se observa que la calificación para los tratamientos testigo 1, T2 y T1 resaltan en comparación al resto de los tratamientos. Estableciendo así mediante la prueba de Friedman al 5% que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

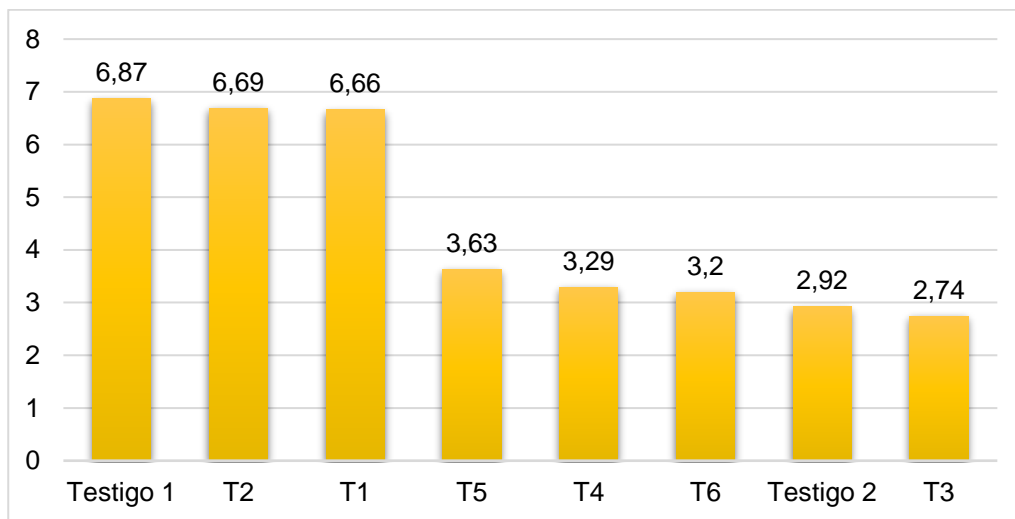


Figura 20. Puntuación de la evaluación sensorial para el parámetro de color

Se evidenció en la figura 21 el porcentaje de consumidores que seleccionaron en las muestras presentadas la característica percibida con relación al color.

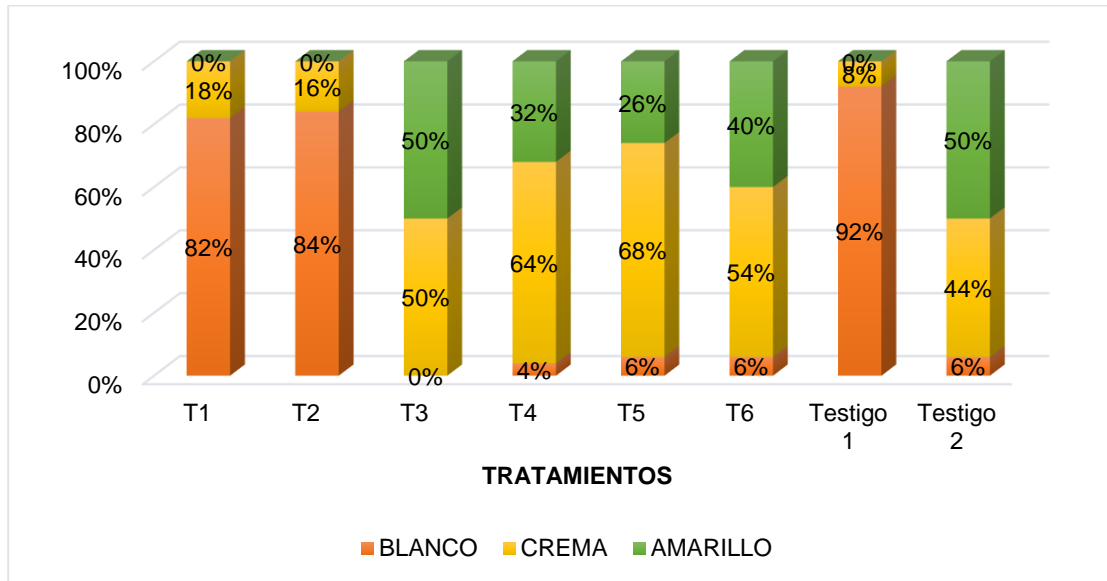


Figura 21. Resultados del parámetro color de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) y testigos a 5°C y 8°C.

En la figura 21 se observa que los consumidores coinciden en que las muestras de los tratamientos testigo 1, T2 y T1 presentaron un color blanco lo que coincide con la temperatura de 5°C, a diferencia de los tratamientos a 8°C y T3 (5°C) que fueron valorados en los colores crema y amarillo, lo que se define como el inicio del proceso de senescencia.

Por otro lado, Suárez, Pérez De Camacaro, & Giménez (2009) afirman que la temperatura de refrigeración retrasa el cambio de color, retardando así el proceso de maduración en frutas y hortalizas. Así como también, la síntesis y degradación de pigmentos en algunas frutas y hortalizas depende de condiciones de almacenamiento como la temperatura y la presencia de sustancias volátiles tales como el etileno (De la Cruz, Vargas, Del Angel, & Garcia, 2010).

Morante et al., (2014) menciona que el pardeamiento enzimático produce cambios importantes tanto en la apariencia (colores oscuros) como en las propiedades organolépticas (sabor, textura) de vegetales comestibles y suele ir asociado al desprendimiento de olores y efectos negativos sobre el valor nutricional. Además, la velocidad del proceso de pardeamiento está en función de la

concentración y actividad enzimática, la cantidad y naturaleza de los compuestos fenólicos, pH, temperatura, actividad de agua y cantidad de O₂ disponible (Silveira, 2017).

4.3.4.2. TEXTURA

En la figura 22 se muestran las calificaciones dadas por los consumidores para cada tratamiento, determinando que los tratamientos T2, testigo 1 y T1 presenta mejor textura en relación a los demás tratamientos.

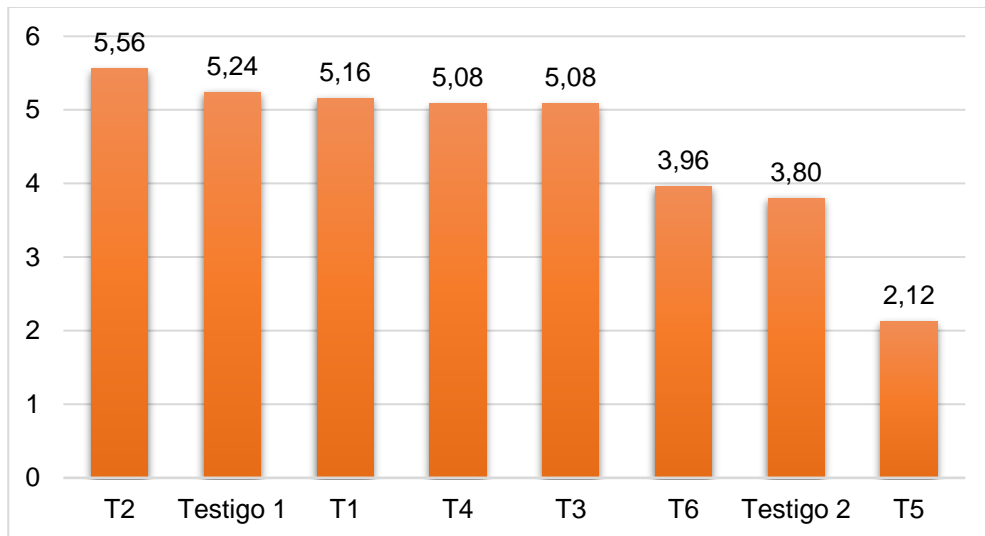


Figura 22. Puntuación en la evaluación sensorial para el atributo de textura

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada por los consumidores para el parámetro textura se evidencian en la figura 23 a continuación.

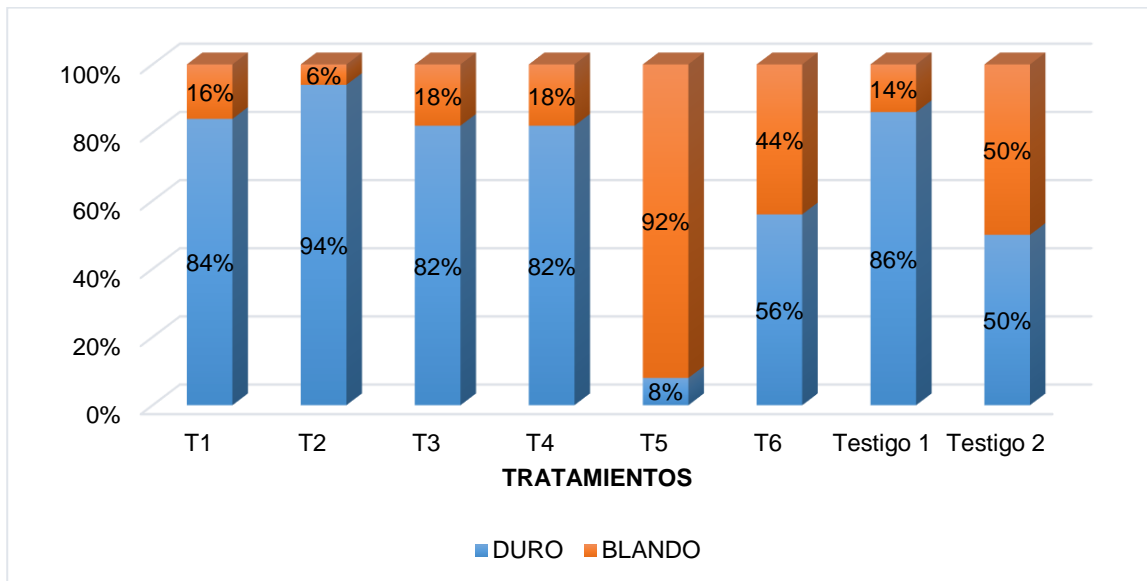


Figura 23. Resultados del parámetro de textura de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) y testigos a 5°C y 8°C.

Los datos obtenidos mediante la evaluación sensorial en el parámetro de textura del zambo después de los 15 días de almacenamiento en AM, los tratamientos T2, testigo 1, T1, T3 y T4 presentaron una textura dura mientras que en los tratamientos como T6 y testigo 2 el 50% de los consumidores percibieron en las muestras textura dura y el otro 50% blanda; en el caso del tratamiento T5 la textura establecida fue blanda. Yépez (2018) indica que la refrigeración es una herramienta útil para conservar las características de los alimentos, debido a que frena la actividad de las enzimas poligalacturonasa (PG) y pectinmetilesterasa (PME), que actúan en la degradación de la lámina media y de la pared celular, lo que constituye el principal proceso de pérdida de firmeza en los frutos. Además, Ribeiro & Carvalho (2006) indican que la base bioquímica del ablandamiento de los frutos está relacionada con el metabolismo de las paredes celulares.

Las frutas se tornan blandas y más susceptibles de ser dañadas durante el manejo postcosecha. Las actividades bioquímicas y fisiológicas involucradas en el ablandamiento, como cambios en la firmeza y en la velocidad de respiración, entre otros; son irreversibles una vez iniciadas, es así que

el ablandamiento de los frutos es una serie de eventos genéticamente programados, caracterizados por procesos bioquímicos y fisiológicos que alteran su firmeza, color, sabor y textura (Martínez González , y otros, 2017).

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN LA CONSERVACIÓN DEL ZAMBO

El zambo es una hortaliza que se encuentra disponible en el área agrícola y en los mercados de comercialización durante todo el año, lo que permite mantener constantemente la producción del producto envasado para la distribución y comercialización.

El zambo mínimamente procesado es una de las opciones que existe en el mercado, pero su tiempo de vida útil es corto (aproximadamente 8 días) lo que ha generado preocupación en las empresas que lo procesan. Frente a esto se ha podido demostrar que con la aplicación del envasado en atmósferas modificadas a nivel laboratorio existe un aumento en los días de duración del producto permitiendo generar menos pérdidas.

La cantidad de producción diaria del producto envasado sin realizar ninguna aplicación de tecnología es de 250 unidades aproximadamente en la empresa, lo que con el tiempo de vida útil de 8 días se tendría que distribuir tres veces por mes, a diferencia del producto envasado con atmósferas modificadas el tiempo de vida útil aumentó de 12-13 días disminuyendo así su distribución a dos veces por mes. En la tabla 20 se demuestra la efectividad de la aplicación de las atmósferas modificadas en el zambo mínimamente procesado.

Tabla 20. Efectividad de la aplicación de las atmósferas modificadas

Aspectos	Concentración Ambiente	Atmósferas Modificadas
Duración (días)	8	12-13
Cambio características organolépticas (color, textura) (días)	9	14
Distribución (veces)	3	2

Es importante dar a conocer que los datos anteriormente expuestos fueron obtenidos a través de ensayos a escala laboratorio de la aplicación de las atmosferas modificadas y la temperatura de almacenamiento. Con este antecedente se puede evidenciar que la aplicación de la tecnología en la pulpa de zambo preserva sus características tanto sensoriales como nutricionales, lo que conlleva a un crecimiento económico.

Partiendo de que, costos son los recursos invertidos para producir algo (Reveles López, 2019), en las siguientes tablas (21, 22, 23) se detallan los costos generados en la realización de las concentraciones de gases para cada tratamiento. Estableciendo así que las concentraciones utilizadas en son: concentración 1 (10% CO₂, 15% O₂, 75% N₂), concentración 2: (20% CO₂, 10% O₂, 70% N₂) y concentración 3: (15% CO₂, 10% O₂, 75% N₂).

Tabla 21. Costos de producción de gases para la concentración 1

% Utilizado del gas	Detalle	Precio tanque de gas (\$)	Costo del % utilizado de cada tanque (\$)
3	O ₂	50	1,50
2	CO ₂	50	1,00
12	N ₂	122	14,64
COSTO TOTAL			17,14

Como se observa en la tabla anteriormente expuesta el costo total para producir la mezcla de gases en las 45 fundas para esta concentración es de \$17,14; obteniendo así que para producir la mezcla de gases para una funda el costo es de \$0,38.

Tabla 22. Costos de producción de gases para la concentración 2

% Utilizado del gas	Detalle	Precio tanque de gas (\$)	Costo del % utilizado de cada tanque (\$)
2	O ₂	50	1,00
5	CO ₂	50	2,50
10	N ₂	122	12,20
COSTO TOTAL			15,17

En la tabla 22 se establece el costo total obtenido para producir la mezcla de gases en la concentración 2 para 45 fundas procesadas el cual es de \$15,17; lo que quiere decir que para producir la mezcla de gases para una funda el costo es \$0,35.

Tabla 23. Costos de producción de gases para la concentración 3

% Utilizado del gas	Detalle	Precio tanque de gas (\$)	Costo del % utilizado de cada tanque (\$)
2	O ₂	50	1,00
3	CO ₂	50	1,50
12	N ₂	122	14,64
COSTO TOTAL			17,14

Por último, en la tabla 23 se observan que el costo total para producir la mezcla de gases en la concentración 3 para 45 fundas es igual al tratamiento A.

De acuerdo con lo expuesto se puede concluir que el mejor costo por unidad aplicada la tecnología de atmósferas modificadas para cada tratamiento es de \$0,35; este valor es del tratamiento B de concentración (20% CO₂, 10% O₂, 70% N₂).

Por su forma de aplicación, la atmósfera modificada es de bajo costo y es destinada a pequeñas cantidades de alimentos (De La Vega, Cañarejo, & Pinto, 2017). Presenta además una importante reducción de los costes de producción y almacenamiento, en general, debido a que pueden gestionarse con más facilidad los espacios y los equipos (Food News, 2015)

Sin embargo, los costos pueden verse significativamente reducidos al utilizar una máquina envasadora para atmósferas modificadas, ya que al carecer de la misma el llenado manual genera pérdidas significativas en los gases. Lo anterior puede demostrar que el método puede ser más eficiente generando menor costo.

A continuación, en las tablas 24 y 25 se evidencian los ingresos y las unidades producidas en condiciones normales y en atmósferas modificadas.

Tabla 24. Unidades producidas a concentraciones ambientales

Días de duración	Unidades Producidas al mes	PVP (\$)	Ingresos (\$)
8	7000	1,85	12950

Tabla 25. Unidades producidas aplicando atmósferas modificadas

Días de duración	Unidades Producidas al mes	Margen de error al 10%	Unidades vendidas	PVP (\$)	Ingresos (\$)
12	10500	1150	9350	1,85	17297,5

Tabla 26. Porcentaje de las ganancias

Ingresos concentración normal (\$)	Ingresos atmósferas modificadas (\$)	Diferencia de ingresos (\$)	% de ganancias
12950	17297,5	4347,5	33,5

Como se evidencia en la tabla 26, el incremento en el periodo de almacenamiento del producto refleja un incremento en ganancias de 33,5%. Además, estos beneficios estarían expresados también en aspectos como el incremento de ingresos, alta producción, generar empleo y disminución en el costo y tiempo de distribución (logística).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ❖ Al aplicar temperaturas bajas (5°C) y concentraciones de gases de 20% CO₂, 10% O₂ en el zambo mínimamente procesado, existe una variación mínima de pH, acidez titulable y sólidos solubles, asimismo se observó un menor cambio de color y textura al final del almacenamiento en atmósferas modificadas en comparación a los testigos.
- ❖ El zambo almacenado a temperatura de 8°C presentó deterioro fisicoquímico, lo que provocó un cambio en la textura y además pardeamiento enzimático en todos los tratamientos.
- ❖ La aplicación de las atmósferas modificadas generaría un beneficio económico del 33,5% sobre las ganancias actuales y un incremento en el tiempo de vida útil de 4 días, lo que genera menor rotación de producto al mes y una mayor producción.
- ❖ Se acepta la hipótesis nula puesto que las concentraciones de gases a diferentes temperaturas de refrigeración no influyeron en las propiedades fisicoquímicas, el contenido de fibra y carbohidratos del zambo durante el almacenamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Emplear otras concentraciones de gases de atmósferas modificadas a temperaturas menores de 5°C.

- ❖ Evaluar el comportamiento de las concentraciones de O₂, CO₂ y etileno en el sistema de almacenamiento en atmósferas modificadas del zambo.

- ❖ Realizar el análisis de color (método CIELab) al finalizar el almacenamiento en atmósferas modificadas.

- ❖ Realizar la evaluación del comportamiento de las características fisicoquímicas y nutricionales del zambo mínimamente procesado en atmósferas controladas y comparar los resultados obtenidos en esta investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo Giménez , E., Alegre Castellví, S., Artés Calero, F., & Correa Hernando, E. (2010). Evaluación no descriptiva de la calidad e implementación en la industria frutícola . 1-142.
- Alcocer Pérez, M. (2018). *Mejora de la conservación postcosecha del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) variedad mora mediante atmósferas modificadas*. Ambato.
- Almeida Alvarado, S., Aguilar López, T., & Hervert Hernández, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud .
- Alvarado, P., Berdugo, C., & Fischer, G. (2004). Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5° C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana*, 147-159.
- Alvarez Maya, D. (2019). *Análisis del sambo (C.ficifolia) y creación de propuestas gastronómicas de autor* . Quito.
- Andrade , R., Palacio , J., Pacheco, W., & Betin, R. (2012). Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmósferas Modificadas.
- Arévalo, J., & Arias, G. (2008). *Caracterización físico-química del zambo (cucurbita ficifolia b) y elaboración de dos productos a partir de la pulpa*. Quito.
- Arias Velázquez , C., & Toledo Hevia, J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*., 136.
- Black , N., & Ortega , L. (2005). *Uso de atmósferas modificadas en la conservación de babaco, tomate de árbol y granadilla*. Sangolquí.
- Cazar Villacís, I. (2016). *Análisis físico-químico para la determinación de la calidad de las frutas*. Quito.
- De Corato, U. (2019). Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the

- traditional technologies into the most promising advancements. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-36.
- De La Cruz Porta , E., & Puchoc Ulloa, K. (2014). *Caracterización reológica de la compota a base de pulpa de zapallo macre (Cucurbita maxima Duchesne) a diferentes concentraciones de goma xantana*. Tarma-Perú.
- De la Cruz, J., Vargas, M., Del Angel , O., & Garcia, H. (2010). Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuya amarilla (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*. Degener), para tres cultivares de Veracruz Mexico. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 11, núm. 2,, 130-142.
- De La Vega, J., Cañarejo, M., & Pinto, N. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Una Revisión.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal , V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: determinación de color en mieles. *Invenio 13*, 145-152.
- Domene Ruiz, M., & Segura Rodríguez, M. (Septiembre de 2014). *Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria*. Obtenido de Cajamar: <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/005-calidad-interna-1410512030.pdf>
- El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É., Abdalla, N., Taha, H., & Fári, M. (2015). Gestión poscosecha del almacenamiento de frutas y verduras. En E. Lichtfouse , *Revisiones de agricultura sostenible* (págs. 65-152). Springer, Cham.
- Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética.
- FAO. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado*. Roma.
- FAO. (2009). *Análisis proximal*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S03.htm>
- Fonseca , S., Oliveira, F., & Brecht, J. (2001). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of food engineering* , 99-119.

- Food News. (25 de Junio de 2015). *Ventajas y desventajas de la tecnología del envasado en atmósfera protectora (EAP)*. Obtenido de Noticias diarias de la industria de alimentos y bebidas América Latina: <https://www.foodnewlatam.com/inocuidad/53-control-calidad/3149-ventajas-y-desventajas-de-la-tecnolog%C3%ADa-del-ensado-en-atm%C3%B3sfera-protectora-eap.html>
- FUNIBER. (2017). *Base de datos internacional de composición de alimentos*. Obtenido de <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/>
- Gómez, P., Artés Hernández, F., Aguayo, E., & Escalona, V. (2007). Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *PHYTOHEMEROTECA*.
- Guachisaca Lozano, D. (2017). *Elaboración de un proyecto de factibilidad para la implementación de una empresa productora y comercializadora de semillas de zambo tostadas y empacadas al vacío, en la ciudad de Saraguro, provincia de Loja*. Loja.
- Henshall, J. (2012). Manual of methods of analysis of foods fruit and vegetables products. 1-59.
- Ibarra Morales, D. (2016). *Influencia de temperatura, inhibidor enzimático y empaque, en la calidad y tiempo de vida útil del espárrago asparagus officinalis mínimamente procesado*. Ibarra-Ecuador.
- INAMHI. (15 de Junio de 2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de INAMHI, Pronóstico para Ibarra: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>
- Instituto Tomás Pascual Sanz. (Abril de 2010). *Vive Sano*. Obtenido de Los hidratos de carbono: http://www.institutotomaspascualsanz.com/descargas/publicaciones/vivesano/vivesano_15abril10.pdf?pdf=vivesano-150410
- Jami, M. (2020). *Evaluación del método de conservación de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de la pitahaya amarilla Selenicereus megalanthus*. Ibarra.
- Kader, A., & Ben-Yehoshua, S. (2000). Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 20, 1-13.

- Kader, A. (2002). Postharvest biology and technology: an overview. En A. Kader, *Postharvest technology of horticultural crops* (págs. 39-47). California: University of California.
- Kader, A. A. (2007). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. California: Universidad de California.
- Konica-Minolta. (29 de Septiembre de 2014). *Entendiendo el espacio de color CIE L*A*B**. Obtenido de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Kumar Mishra , V., & Gamage, T. (2007). Postharvest handling and treatments of fruits and vegetables. En M. Rahman, *Handbook of food preservation* (págs. 56-57). Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- LACIE. (2012). Libro blanco de la gestión del color 3. Espacios de color y conversión de colores. 1-3.
- Lim, T. (2012). Edible medicinal and non-medicinal plants: volume 2, fruits,. *Springer Science+Business Media B.V.*, 250-255.
- Lupano, C. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. Buenos Aires: La Universidad de La Plata.
- Márquez , C., Trillos , O., Cartagena , J., & Cortes, J. (2009). Evaluación físico-química y sensorial de frutos de Uchuva (*Physalis peruviana* L.). *VITAE*, 42-48.
- Martínez González , M., Balois Morales, R., Alia Tejacal, I., Cortes Cruz, M., Palomino Hermosillo , Y., & López Gúzman , G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4075-4087.
- Matos Chamorro, A., & Chambilla Mamani, E. (2010). Evaluación de las Propiedades Funcionales de la Fibra Insoluble Extraída a Partir de las Hojas del Nabo (*Brassica rapa* L.). *Revista investigación ciencia tecnología de alimentos*, 43-50.
- Mattos , L., Moretti, C., & Ferreira, M. (2012). Modified atmosphere packaging for perishable pant products. En F. Dogan , *Polypropylene* (págs. 95-110). In Tech.

- Millán Cardona, L., & Ciro Velásquez, H. (2005). Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (CAVENDISH VALERY). 162-191.
- Morales Ruiz, J. (2016). *Sustitución parcial en la mermelada de mora Rubus glaucus y mermelada de guayaba Psidium guajava l. con pulpa de sambo Cucúrbita ficifolia*. Ibarra.
- Morante Carriel, J., Agnieszka Obrebska, A., Bru-Martínez, R., Carranza Patiño, M., Pico-Saltos, R., & Nieto Rodríguez, E. (2014). Distribución, localización e inhibidores de las polifenol oxidasas en frutos y vegetales usados como alimento. 23-32.
- Municipal Gobierno Autónomo Descentralizado. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Rumiñahui 2012 – 2025*. Rumiñahi.
- Orjuela Baquero, N., Moreno Chacón, L., Hernández, M., & Melgarejo, L. (2011). Características fisicoquímicas de frutos de Gulupa (*Passiflora edulis Sims*) bajo condiciones de almacenamiento. 33-44.
- Ospina, S., & Cartagena, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Lasallista de Investigación*, 112-123.
- Parra Coronado, A., & Miranda, D. (2016). La calidad poscosecha de los frutos en respuesta a los factores climáticos en el cultivo. *Agronomía Colombiana*, 1415-1418.
- Perera, C. (2007). Minimal Processing of Fruits and Vegetables. En S. Rahman, *Handbook of food preservation* (págs. 137-150). Boca ratón : Taylor & Francis Group.
- Puma Isuiza, G., & Núñez Saavedra, C. (2018). Determinación del perfil de textura sensorial de dos muestras experimentales de hot-dog de pollo (*Gallus gallus*) obtenidas por Ingeniería Kansei Tipo II. 210-217.
- Quinteros Chávez, G. (2010). *Caracterización físico química y nutricional de tres morfotipos de sambo(Cucúrbita ficifolia), cultivados en el cantón Cotacachi*. Quito.
- Rangel, M., & López, A. (2012). Cambios en frutas tropicales frescas, cortadas y empacadas en atmósfera modificada durante su almacenamiento en refrigeración. *Temas selectos de ingeniería en alimentos 6-2*, 94-109.
- Reveles López, R. (2019). *Análisis de los elementos del costo*. México.

- Ribeiro, M., & Carvalho, S. (2006). *Estudio del comportamiento poscosecha de la ciruela "Reina Claudia verde"*. Brasil.
- Rivera, D., Gardea, A., Martínez, M., Rivera, M., & González, G. (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. 361-372.
- Rodríguez Saucedo, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 152-170.
- Rodríguez, S., Generoso, S., Gutierrez, D., & Questa, A. (2015). Aplicación del análisis sensorial en la evaluación de la calidad de productos frescos cortados. 21-38.
- Ruelas Chacón, X., Reyes Vega, M., Valdivia Urdiales, B., Contreras Esquivel, J., Montañez Saenz, J., Aguilera Carbó, A., & Peralta Rodríguez, R. (2013). Conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas con recubrimientos comestibles . 31-37.
- S.V. Irtwange . (2006). Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. 1-13.
- Sampayo Hernández, E. (2011). *Determinación de fibra cruda en diez especies vegetales a diferentes tiempos de cocción*. Buenavista- México .
- Sanjuán García, G., Arellanes Juárez, N., Benito Bautista, P., & Vera Guzmán, A. (2010). Efecto de la aplicación de concentraciones altas de CO₂ y concentraciones bajas de O₂ sobre la respiración de frutos de mango (*Mangifera indica* L.).
- Sanz, I. (2017). *Elaboración y conservación de alimentos* . Madrid: CEP S.L.
- Silveira, A. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. 1-6.
- Sora, Á., Fischer, G., & Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana*, 306-316.
- Suárez, J., Pérez De Camacaro, M., & Giménez, A. (2009). Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela. *UDO Agrícola* 9, 60-69.

- Suquilanda, M. (2011). Producción orgánica de cultivos andino. 181.
- Villegas, A., Gómez, D., & Moreno, F. (2016). Dispositivos electrónicos para reproducir el color en odontología.
- Wu, D., & Sun, D.-W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control - A review. *Trends in food science & technology* 29, 5-20.
- Yépez Pesantez, M. (2018). *Evaluación del efecto de la temperatura e índice de madurez sobre la intensidad respiratoria de la uvilla Physalis peruviana L. bajo condiciones de atmósferas modificadas pasivas.* . Ibarra.
- Yoplac , I., Char, C., Hinojosa , A., Obando , J., & Escalona , V. (2013). Efecto de la radiación UV-C y atmósfera modificas activa sobre la calidad funcional de rúcula lista para consumo. *Iberoamericana de Tecnología*, 245-251.

7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS FRUTOS

7.1.1. SÓLIDOS SOLUBLES

Por medio del método AOAC 932.12 se medirá el contenido de sólidos solubles en la materia prima determinando la concentración de sacarosa presente en la muestra. Se empleará el método de refractometría el cual se basa en la medición del índice de refracción de la solución a 20°C usando un refractómetro, la lectura de los resultados se expresan en °Brix.

7.1.2. DETERMINACIÓN DE PH

La medición del pH se realizará mediante el método AOAC 981.12 el cual consiste en la diferencia de potencial entre dos electrodos sumergido en la muestra mediante el uso del potenciómetro Jenway (modelo 3510).

7.1.3. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE

La acidez se determinará de acuerdo con el método AOAC 942.15 (Henshall, 2012). En 5 ml de muestra se adicionó 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitación, posteriormente se añadió 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Se tituló la solución con hidróxido de sodio 0,1 N hasta el cambio de color a rosa, usando como indicador el pH de la fenolftaleína (8,3 – 8,6). Con la ecuación 3 se determina el porcentaje de acidez titulable.

$$\% \text{ Ácido} = \frac{f_a * V * N * f}{V_o} \quad (1)$$

Dónde:

fa= factor del ácido predominante (Cítrico= 0,067. Tartárico= 0,075)

V= volumen de NaOH utilizado

N= Normalidad de la solución de NaOH (0,1)

f= factor de NaOH (0,9975)

Vo= Volumen de la muestra

7.1.4. ANÁLISIS SENSORIAL DE COLOR Y TEXTURA

Las pruebas de análisis sensorial se realizarán con un grupo de 50 panelistas (consumidores), inicialmente se explica a los panelistas la metodología y finalidad del estudio. Los panelistas evaluarán las muestras y seleccionarán con una X en los atributos establecidos en la hoja de encuesta para la evaluación sensorial.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
 CARRERA DE AGROINDUSTRIA
 EVALUACIÓN SENSORIAL ZAMBO PICADO

FECHA: _____

INSTRUCCIONES:

Frente a usted se presentan 4 muestras de zambo picado, por favor observe la tabla y de acuerdo a la muestra, realice la descripción marcando con una (X) la característica que percibe de la muestra.

PARÁMETROS		MUESTRAS			
		512	129	267	109
COLOR (vista)	Blanco				
	Crema				
	Amarillo				
TEXTURA (tacto)	Blando				
	Duro				

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
 CARRERA DE AGROINDUSTRIA
 EVALUACIÓN SENSORIAL ZAMBO PICADO

FECHA: _____

INSTRUCCIONES:

Frente a usted se presentan 4 muestras de zambo picado, por favor observe la tabla y de acuerdo a la muestra, realice la descripción marcando con una (X) la característica que percibe de la muestra.

PARÁMETROS		MUESTRAS			
		326	917	258	555
COLOR (vista)	Blanco				
	Crema				
	Amarillo				
TEXTURA (tacto)	Blando				
	Duro				

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Figura 24. Ficha de evaluación sensorial de los tratamientos

7.2. ANEXO 2: EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRA Y CARBOHIDRATOS

7.2.1. DETERMINACIÓN DE FIBRA

Mediante el método AOAC 978.10 la FAO (2009) establece el siguiente procedimiento. Se pesa con aproximadamente 2 a 3 gramos de la muestra desengrasada y seca, se coloca en el matraz y se adicionó 200ml de la solución de ácido sulfúrico en ebullición.

Se colocó en el condensador y se llevó a ebullición por un minuto. Se deja hervir exactamente por 30 min, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas en las paredes. Se instala el embudo Buchner con papel filtro y precalentando con agua hirviendo. Al término del tiempo de ebullición, se retira el matraz, dejando reposar por un minuto y filtrando cuidadosamente usando succión; la filtración se realiza en menos de 10 min. Se lava el papel filtro con agua hirviendo, transfiriendo el residuo al matraz con ayuda de una piseta conteniendo 200ml de solución de NaOH en ebullición y se dejó hervir por 30 min.

Se precalienta el crisol de filtración con agua hirviendo y se filtra cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min. Se lava el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Se coloca el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y se colocó en el desecador. Se pesó rápidamente los crisoles con el residuo y se coloca en la mufla a 550°C por 3 horas, se dejó enfriar en un desecador y se pesó nuevamente. La ecuación 4 permite calcular el porcentaje de fibra cruda de la pulpa de zambo.

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = (100) \left(\frac{(A - B)}{C} \right) \quad (2)$$

Dónde:

A= Peso del crisol con el residuo seco (g)

B= Peso del crisol con la ceniza (g)

C= Peso de la muestra (g)

7.2.2. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos se determinan mediante el cálculo por diferenciación, como se muestra en la ecuación 5:

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ ceniza}) \quad (3)$$

7.3. ANEXO 3: RESULTADOS Y PRUBAS TUKEY

Tabla 27. Caracterización fisicoquímica del zambo después de su almacenamiento en atmósferas modificadas.

Tratamientos/ Testigos	Sólidos Solubles (°Brix)	pH	Acidez Titulable (%)
T1	3,60±0,17	5,79±0,07	0,29±0,02
T2	3,80±0,20	6,11±0,16	0,29±0,00
T3	3,23±0,31	5,99±0,12	0,28±0,02
T4	3,40±0,17	4,81±0,12	0,29±0,02
T5	3,63±0,15	5,20±0,19	0,31±0,07
T6	3,27±0,21	4,77±0,02	0,27±0,00
T7	3,70±0,20	4,79±0,25	0,27±0,02
T8	3,37±0,12	4,46±0,50	0,28±0,01

Tabla 28. Prueba Tukey para el parámetro de sólidos solubles en el zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.

Tratamientos/Testigos	Medias		
T2	3,8	a	
T7	3,7	a	b
T5	3,63	a	b
T1	3,6	a	b
T4	3,4	a	b
T8	3,37	a	b
T6	3,27	a	b
T3	3,23		b

Tabla 29. Prueba Tukey para el parámetro de pH en el zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.

Tratamientos/Testigos	Medias				
T2	6,11	a			
T3	5,99	a			
T1	5,79	a	b		
T5	5,20		b	c	
T4	4,81			c	d
T7	4,79			c	d
T6	4,77			c	d
T8	4,46				d

Tabla 30. Prueba Tukey para el parámetro de acidez titulable en el zambo durante su almacenamiento en atmósferas modificadas.

Tratamientos/Testigos	Medias	
T5	0,31	a
T2	0,29	a
T4	0,29	a
T1	0,29	a
T8	0,28	a
T3	0,28	a
T7	0,27	a
T6	0,27	a

EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS





