



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE ATMÓSFERAS
CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y
ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL PEPINO DULCE *Solanum muricatum*
DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Autor: JEFFERSON VILLALBA MARTÍNEZ

Director: Ing. Juan Carlos de la Vega, MSc.

Ibarra – Ecuador

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ÁREA: Frutas y hortalizas, Análisis de productos agroindustriales

OBJETIVO DEL PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR

Objetivo 6: Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y del buen vivir rural.

6.3. Impulsar la producción de alimentos suficientes y sustentables, así como la existencia y acceso a mercados y sistemas productivos alternativos, que permitan satisfacer la demanda nacional con el respeto a las formas de producción rural y con la pertinencia cultural.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.

INVESTIGADOR: Jefferson Villalba Martínez

FECHA DE INICIACIÓN: Una vez aprobado el anteproyecto

DURACIÓN PROBABLE: 10 meses

LUGAR DONDE SE REALIZARÁ LA INVESTIGACIÓN

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

Parroquia: El sagrario

Lugar: Laboratorio de Análisis experimental e innovación y Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de la facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE INDETIDAD: 1003971304
APELLIDOS Y NOMBRES: Villalba Martínez Jefferson
DIRECCIÓN: Ibarra - Urbanización Pilanqui – Psaje C y pasaje 7
EMAIL: jvillalbam@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO: 062604068
TELÉFONO MOVIL: 0980718864

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO: EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TATALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL PEPINO DULCE *Solanum muricatum* DURANTE EL ALMACEMANIENTO

AUTOR: Villalba Martínez Jefferson
FECHA: 13 de febrero de 2020
PROGRAMA: PREGRADO POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA: Ingeniero Agroindustrial
ASESOR/DIRECTOR: Ing. Juan Carlos de la Vega MSc

2. Constancias

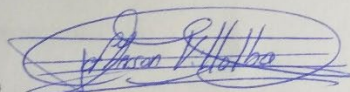
2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 03 días del mes de mayo de 2021

EL AUTOR:

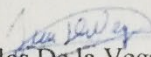
(Firma)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jefferson Villalba', is written over a horizontal line. The signature is somewhat stylized and includes a large loop at the beginning.

Nombre: Villalba Martinez Jefferson

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jefferson Villalba Martínez, con cédula de ciudadanía 100397130-4 bajo mi supervisión.


Ing. Juan Carlos De la Vega Quintero MSc

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por todas las bendiciones que me ha otorgado hasta el momento, una de ellas haber culminado con éxito mi preparación profesional.

A mis padres Martha Martínez y Mirel Villalba, por el apoyo, la guía y los consejos que han dado para cada una de las decisiones que he tomado y, metas que me he propuesto. Por todo su esfuerzo, dedicación y amor que me han brindado para formarme como un buen ser humano responsable, honesto y perseverante.

A mis compañeros de investigación, Cristian Ramírez, Fernanda Jami y Diana Cadena por todo el apoyo y contribuciones dadas para el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Juan Carlos De la Vega por su guía, sus consejos, apoyo, su comprensión y por todo el tiempo dedicado, a la Bioq. Valeria Olmedo e Ing. Nicolas Pinto por su guía y asesoramiento para llevar a cabo el presente trabajo de Investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres, quienes con mucho esfuerzo, dedicación, paciencia y amor me han guiado hasta este punto de mi vida. Me han apoyado y alentado a continuar y no dejarme vencer por los obstáculos que se presentan en el camino y, así conseguir cada uno de los objetivos y metas propuestas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	16
ABSTRACT	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. JUSTIFICACIÓN	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. Objetivo General.....	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	20
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. PEPINO DULCE.....	21
2.1.1. TAXONOMÍA	21
2.1.2. VARIEDADES	21
2.1.3. COMPOSICIÓN	22
2.1.4. PRODUCCIÓN DE PEPINO DULCE	23
2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE	24
2.2.1. COLOR	24
2.2.2. FIRMEZA	25
2.2.3. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.....	26
2.2.4. ACIDEZ TITULABLE	27

2.2.5.	ACIDEZ ACTIVA – pH	27
2.3.	PROPIEDADES NUTRITIVAS Y FUNCIONALES DEL PEPINO DULCE.....	28
2.3.1.	ÁCIDO ASCÓRBICO.....	28
2.3.2.	CONTENIDOS DE FENOLES TOTALES.....	29
2.4.	POSTCOSECHA DEL PEPINO DULCE.....	31
2.4.1.	ÍNDICE DE MADUREZ	32
2.4.2.	RESPIRACIÓN	33
2.4.3.	PRODUCCIÓN DE ETILENO.....	33
2.4.4.	PÉRDIDAS POSTCOSECHA	34
2.5.	MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DEL PEPINO DULCE	34
2.5.1.	REFRIGERACIÓN	34
2.5.2.	ATMÓSFERAS CONTROLADAS.....	35
2.6.	VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS.....	37
2.6.1.	LINEALIDAD.....	37
2.6.2.	EXACTITUD	38
2.6.3.	PRECISIÓN	38
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	40
3.2.	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	40
3.3.	MÉTODOS	42
3.3.1.	CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA	42
3.3.2.	EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE FENOLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO.....	42

3.3.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL	44
3.3.4.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	45
3.3.5.	DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES	45
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1.	CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE	49
4.2.	EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL PEPINO DULCE DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO ATMÓSFERAS CONTROLADAS	51
4.2.1.	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN – CONSUMO DE OXÍGENO	51
4.2.2.	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN – PRODUCCIÓN DE DIOXIDO DE CARBONO	54
4.3.	DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES	56
4.4.	CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL PEPINO DULCE	59
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1.	Conclusiones	63
5.2.	Recomendaciones	63
6.	ANEXOS	73
6.1.	ANEXO 1: MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE	73
6.1.1.	PESO	73
6.1.2.	DETERMINACIÓN DE pH	73
6.1.3.	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRUX) 73	
6.1.4.	DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE	74

6.2. AXEXO 2: EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DEL PEPINO DULCE.	75
6.2.1. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN	75
6.2.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO	78
6.2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pepino dulce.....	25
Figura 2. Estructura de los fenoles.....	31
Figura 3. Diagrama de bloques.....	45
Figura 4. Selección del pepino dulce	46
Figura 5. Lavado del pepino dulce.....	46
Figura 6. Pesado del pepino dulce	47
Figura 7. Envasado del pepino dulce en atmósferas controladas.....	47
Figura 8. Almacenamiento del pepino dulce bajo el método de atmósferas controladas	48
Figura 9. Tasa de respiración (consumo de O ₂) del pepino dulce tratamientos a 5°C (A) tratamientos a 8°C (B).....	52
Figura 10. Tukey para tasa de respiración, consumo de O ₂ , del pepino dulce.....	53
Figura 11. Tasa de respiración (producción de CO ₂) del pepino dulce tratamientos a 5°C (A) tratamientos a 8°C (B).....	55
Figura 12. Prueba de pares del ácido ascórbico del pepino dulce.....	56
Figura 13. Polifenoles totales del pepino dulce	57
Figura 14. Tukey para polifenoles totales del pepino dulce	58
Figura 15. Contenido de ácido ascórbico en el pepino dulce	59
Figura 16. Frutos de peras con daño por CO ₂ leve (A) daño moderado (B) y severo (C).....	60
Figura 17. Daño severo en pepino dulce por efecto de altas concentraciones de CO ₂ durante el almacenamiento. Manchas marrones en la piel (A) Pardeamiento y ablandamiento de la pulpa (B).....	60
Figura 18. Prueba de pares del ácido ascórbico del pepino dulce.....	61

Figura 19. Esquema empleado en la determinación no destructiva de la tasa de respiración. 75

Figura 20: Determinación del volumen desplazado por el pepino dulce el frasco de vidrio 76

ÍDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del pepino dulce 21

Tabla 2. Composición química del pericarpio del pepino dulce..... 22

Tabla 3. Composición química del pepino dulce..... 23

Tabla 4. Contenido de azúcares en dos zonas del fruto maduro de pepino dulce..... 26

Tabla 5. Evolución de los azúcares durante la maduración de los frutos en la planta. 26

Tabla 6. Contenido de ácidos orgánicos en dos zonas del fruto maduro de pepino dulce. 27

Tabla 7. Contenido de ácido ascórbico de distintas variedades de pepino dulce..... 29

Tabla 8. Demanda diaria de ácido ascórbico 29

Tabla 9. Datos climatológicos del área experimental..... 40

Tabla 10. Materiales, reactivos y equipos para el desarrollo del proyecto de investigación..... 41

Tabla 11: Métodos para la caracterización fisicoquímica del pepino dulce 42

Tabla 12: Métodos para la evolución de las propiedades nutricionales y funcionales del pepino dulce..... 43

Tabla 13: Factores en estudio..... 43

Tabla 14: Tratamientos en estudio..... 43

Tabla 15: ADEVA para el Diseño Experimental.	44
Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos del pepino dulce antes y después del almacenamiento bajo el método de atmósferas controladas.....	49
Tabla 17. Pérdida de peso a humedad relativa alta y ambiente confinado del pepino (<i>Cucumis Sativus L.</i>).....	50
Tabla 18. Análisis de varianza. Ácido Ascórbico del pepino dulce.....	53
Tabla 19. Análisis no paramétrico de la tasa de respiración (producción de CO ₂) del pepino dulce.....	55
Tabla 21. Análisis de varianza. Polifenoles totales del pepino dulce.....	58
Tabla 22. Análisis no paramétrico del Ácido Ascórbico del pepino dulce .	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE.....	73
ANEXO 2: EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DEL PEPINO DULCE.....	75

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito, evaluar el método de conservación de atmósferas controladas sobre las propiedades funcionales (polifenoles totales, PT, y ácido ascórbico, AA) del pepino dulce, así como el también, mantener sus características fisicoquímicas. El fruto se obtuvo del cantón Pimampiro es estado de madurez comercial temprano, se almaceno por un lapso de 20 días, donde se evaluó cada 4 días el comportamiento postcosecha (tasa de respiración), PT y AA mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial $A \times B + 2$, donde A corresponde a la concentración de gases (3% O₂, 17% CO₂ y 5% O₂, 15% CO₂), y B a temperatura de almacenamiento (5°C y 8°C), y 2 testigos a concentración atmosférica. Al final del estudio se determinó que la atmósfera controlada disminuye la tasa de respiración del pepino y conserva los compuestos bioactivos en estudio a comparación del almacenamiento normal. El tratamiento que presentó mayor contenido PT y AA fue el Testigo 1 con valores de 770.36 mg AGE/100g y 28.07 mg Ac. As./100g MS (materia seca) respectivamente. Por lo que se concluyó que la atmósfera controlada no influye en la conservación del contenido de PFT y AA.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the method of conservation of controlled atmospheres on the functional properties (total polyphenols, PT, and ascorbic acid, AA) of sweet cucumber, as well as to maintain its physicochemical characteristics. The fruit obtained from the canton Pimampiro is a state of early commercial maturity, it was stored for a period of 20 days, where post-harvest behavior (breathing rate), PT and AA were evaluated every 4 days by a completely random design under $A \times B + 2$ factorial arrangement, where A corresponds to the concentration of gases (3% O₂, 17% CO₂ and 5% O₂, 15% CO₂), and B at storage temperature (5°C and 8°C), and 2 witnesses at atmospheric concentration. At the end of the study it was determined that the controlled atmosphere decreases the breathing rate of the cucumber and preserves the bioactive compounds under study compared to normal storage. The treatment with the highest PT and AA content was Witness 1 with values of 770.36 mg AGE/100g and 28.07 mg Ac. As./100g MS (dry matter) respectively. It was therefore concluded that the controlled atmosphere does not influence the preservation of the PFT and AA content.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El pepino dulce *Solanum muricatum* una vez cosechado en su madurez fisiológica, empieza a experimentar cambios metabólicos que le llevan al deterioro nutricional, pérdida de las propiedades funcionales, senescencia y muerte de los tejidos. Entre los principales problemas postcosecha que conducen a la senescencia del pepino dulce, se encuentra la pérdida de turgencia, cambios físicos y químicos que desmeritan la apariencia y calidad final, además acelera la velocidad de deterioro. Todo esto se debe, entre otras cosas a que tiene una tasa de respiración media de 15 a 25 mg CO₂•kg⁻¹•hr⁻¹ a 20° C (Universidad Católica de Chile, 2018).

Estudios realizados por Herraiz, Villaño, Plazas, Vilanova, Ferreres, Prohens & Moreno (2016), manifiestan que las diferentes variedades de pepino dulce tienen varios tipos de fenoles comunes entre todas las variedades, pero mencionan que no hay estudios sobre la conservación del contenido de fenoles totales en el pepino dulce en el tiempo. El método más común que se usa para conservar pepino dulce es refrigeración, el cual solamente permite conservar la fruta el tiempo adecuado para abastecer al mercado interno, sin posibilidades para entrar a mercados extranjeros, al igual que genera pérdidas a los productores debido al rápido deterioro de la fruta durante el proceso postcosecha.

Por tanto, es necesario determinar cómo el método de atmósferas controladas afecta no sólo al contenido de fenoles totales sino también a la propiedad nutricional del contenido de ácido ascórbico del pepino dulce, además de desarrollar la cinética de deterioro de los compuestos mencionados ante distintas atmósferas y temperaturas de almacenamiento.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El almacenamiento del pepino dulce requiere del control de varios aspectos físicos como la temperatura (entre 5 y 10 °C) y un control adecuado de la humedad relativa con lo que se logra alcanzar hasta 28 días de conservación según López (2003), el

incremento del tiempo de conservación implica la oportunidad de entrar a mercados internacionales como Europa o Asia. Actualmente el pepino dulce ingresó a Rusia y se está comercializando en las perchas de Food City, uno de los mercados mayoristas más importantes de ese país, de acuerdo con los datos de Pro Ecuador (2018).

El pepino dulce es una fruta de primera gama apetecida en los mercados internacionales debido a las propiedades nutricionales y funcionales que posee, entre las más relevantes se puede mencionar de acuerdo con Infoagro (2018) el contenido de vitamina C que es de 29.70 mg/100g, además Herraiz, y otros (2016) manifiestan que las variedades de pepino dulce contienen 24 tipos de fenoles de los cuales 5 son comunes entre todas las variedades de la misma.

La aplicación del método de atmósferas controladas en el manejo postcosecha de frutas, ayuda a retardar el proceso de maduración y deterioro de las propiedades nutricionales y funcionales, como consecuencia los tejidos de las frutas entran en una fase de dormancia y por ende se retrasa el proceso de maduración de la fruta y aumentan el tiempo de conservación de ésta, según lo expuesto por INTAGRI (2017).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el método de conservación de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del pepino dulce *Solanum muricatum* durante el almacenamiento.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima mediante las propiedades fisicoquímicas (peso, pH, sólidos solubles, acidez titulable) antes del almacenamiento bajo el método atmósferas controladas y al final del mismo.
- Evaluar la tasa de respiración del pepino dulce *Solanum muricatum* durante el almacenamiento bajo atmósferas controladas.

- Determinar el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del pepino dulce *Solanum muricatum* durante el almacenamiento bajo atmósferas controladas.

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS NULA

La temperatura, concentración de oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) utilizadas en el método de conservación de atmósferas controladas no afecta al contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del pepino dulce *Solanum muricatum* durante el almacenamiento.

1.4.2. HIÓPTESIS ALTERNATIVA

La temperatura, concentración de oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) utilizadas en el método de conservación de atmósferas controladas afecta al contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del pepino dulce *Solanum muricatum* durante el almacenamiento.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. PEPINO DULCE

El pepino dulce *Solanum muricatum* es originario de la región andina y se cultiva porque es un fruto jugoso y visualmente atractivo Nuez & Ruiz (1996). Según León (2000) el pepino dulce es una baya carnosa, esférica, ovoide o elipsoidal, el color de la cascara puede variar desde verde claro hasta amarillo paja, con manchas alargadas de color morado o negras. La pulpa del pepino dulce es gruesa y un poco agridulce, esta fruta puede alcanzar un peso de 80 g como mínimo y un máximo de 250g de acuerdo con Herraiz, et al (2016).

2.1.1. TAXONOMÍA

La taxonomía del pepino dulce se refleja en la tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del pepino dulce

	Taxonomía
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Género	<i>Solanum</i>
Subgénero	Potatoe
Sección	Basarthrum
Especie	<i>S. muricatum</i>

Fuente: Nuez & Ruiz (1996)

2.1.2. VARIEDADES

Las variedades de pepino dulce que se encuentran en Ecuador son variedades locales, a diferencia de las variedades mejoradas cultivadas en países como Nueva Zelanda, España y países del Reino Unido. En Ecuador, es donde mayor diversidad varietal se encuentra, pero de las dos principales clases de cultivares con

características diferentes como las describe Nuez & Ruiz (1996), una de las clases es grande con forma globosa con el ápice del fruto redondeado, los frutos inmaduros son de color verde, con escasas franjas purpuras muy bien delimitadas, esta clases es la más comercial por su facilidad de transporte, manipulación y consistencia de la carne.

La otra clase de cultivar, se conforma por frutos de tamaño más pequeño y forma un poco más alargada, casi cilíndrica, el extremo apical del fruto es más puntiagudo, el color de los frutos inmaduros es casi blanco y el veteado es abundante con franjas moradas menos definidas y abundantes.

2.1.3. COMPOSICIÓN

El pepino dulce es una fruta con excelentes características nutricionales, tanto en el pericarpio y mesocarpio, como se detalla en las tablas 2 y 3 respectivamente.

Tabla 2. Composición química del pericarpio del pepino dulce

Componente	Valor por 100 g
Peso seco (g)	6.8 – 8.2
Proteína (g)	0.10 – 0.13
Lípidos y pigmentos (mg)	24.6 – 44.4
Azúcares solubles (g)	4.9 – 6.4
Almidón (mg)	20.0 – 90.0
Celulosa (mg)	154 – 220
Hemicelulosa (mg)	40.1 – 53.5
Pectina (mg)	26.7 – 34.5
Vitamina C	46.0 – 68.8
Ácidos orgánicos no volátiles (mg)	119 – 153
Aminoácidos libres (mg)	52 – 70
N (mg)	23 – 30
P (mg)	10.7 – 12.3
K (mg)	115 – 123
S (mg)	3.0 – 4.0
Ca (mg)	2.3 – 3.0
Mg (mg)	5.3 – 6.1
Na (mg)	0.76 – 2.30
Fe (mg)	0.20 – 0.31
Mn (mg)	0.06 – 0.07
Zn (mg)	0.02 – 0.05
Cu (mg)	0.02 – 0.03
B (mg)	0.03 – 0.05

Fuente: Nuez & Ruiz (1996, pág. 16)

Tabla 3. Composición química del pepino dulce

Componente	Contenido		
	Perú	Chile	Nueva Zelanda
Calorías (g/100g)	26.00	25.00	-
Agua (%)	92.30	92.40	91.8 – 93.2
Proteínas (g/100g)	0.30	0.4	0.1 – 0.13
Carbohidratos (g/100g)	7.00	6.3	5.1 – 6.2
Fibra (g/100g)	0.5	0.5	-
Cenizas (g/100g)	0.4	0.1	0.3
Calcio (mg/100g)	30.00	21.00	2.3 – 3.0
Fosforo (mg/100g)	10.00	13.0	10.7 – 12.3
Potasio (mg/100g)	-	117.0	115 – 123
Hierro (mg/100g)	0.30	-	0.20 – 0.31
Sodio (mg/100g)	-	1.0	0.76 – 2.3
Azufre (mg/100g)	-	-	3.4 – 4.0
Vitamina A	317.00 (U.I)	20 (mg/100g)	-
Vitamina B ₁ (mg/100g)	0.04	0.09	-
Vitamina C (mg/100g)	29.70	26.0	48 – 68

Fuente: (Infoagro, s.f.)

El fruto del pepino dulce tiene altas cantidades de agua y aporta muy pocas calorías, además el contenido de vitamina C, es de 46 mg/100 g en el pericarpio y 26 a 29 mg/100 g en el fruto, valores altos en comparación de la mayoría de los cítricos. Mientras que el requerimiento diario recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 45 mg/100g BBC Mundo (2015).

2.1.4. PRODUCCIÓN DE PEPINO DULCE

Las principales zonas de producción de las diferentes variedades de pepino dulce de acuerdo con el Ministerio de Cultura y Patrimonio (2016), se encuentran en los valles subtropicales de las provincias de Imbabura, Pichincha, Loja, Chimborazo, Tungurahua, Azuay y cañar.

El pepino dulce es una fruta que se produce durante todo el año según datos del INIAP (2003). Hasta el año 2013 el cantón Pimampiro cuenta con 43 productores de pepino dulce pertenecientes a la Asociación de Agricultores de Pimampiro mismos que producen 5 000 a 7 000 kilogramos mensuales de esta fruta, alrededor de 3 096 toneladas anuales como manifiesta Pinto (2013).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), hasta el año 2010 en Ecuador se produjeron cerca de 3200

toneladas de pepino dulce, mientras que según datos del Banco Central del Ecuador se han exportado 51 toneladas de esta fruta en lo que va del año, señala la revista *Lideres* (2012).

2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE

De acuerdo con Solís (2015), las características externas del pepino dulce como el color y firmeza, pueden definir la calidad comercial del fruto y sirven de referencia al consumidor sobre la calidad de este, influyendo directamente en la decisión de aceptarlos o rechazarlos si la impresión visual no coincide con el estándar propio del consumidor.

2.2.1. COLOR

En numerosas frutas, el color verde desaparece gradualmente, este aspecto es un indicativo de su grado de madurez, hasta que alcanzan una tonalidad más clara en algunos frutos, como lo expresa Solís (2015). Además, manifiesta que puede darse la desaparición total del color verde en otros frutos, acompañada por la aparición de pigmentos amarillos rojos o púrpuras, el color puede medirse mediante el empleo de espectrofotómetros de transmisión o de reflectancia.

El color externo del pepino dulce es amarillo, con algunas franjas de color púrpura detalla el Grupo Tollupol (2013) como se muestra en la Figura 1, dependiendo de la variedad el color de esta fruta puede variar entre color amarillo y verde claro. En un estudio realizado por Huyskens, Prono, Lüdders, & Schreiner (2006), reportan que el color amarillo del pepino dulce bajo almacenamiento con atmósfera controlada por un tiempo entre 14 y 21 días, redujo su intensidad y se evitaron los cambios de color no deseados en la fruta.



Figura 1. Pepino dulce

Fuente: Grupo Tollupol (2013)

2.2.2. FIRMEZA

La firmeza en las frutas y vegetales es un atributo relacionado con el punto de cosecha, la calidad para la comercialización y para el procesamiento de esta, manifiesta Vuarant (2010) además menciona que la firmeza en las frutas es un atributo que debe mantenerse luego de la cosecha para que resistan los procesos de transporte y manipulación.

En el pepino dulce conforme avanza la maduración fisiológica, la fruta se va ablandando, el ablandamiento puede medirse mediante una expresión numérica de la firmeza obtenida mediante un penetrómetro, que mide la resistencia a la penetración de un embolo de dimensiones determinadas en la fruta expresa Solís (2015). Además, manifiesta en sus estudios que la firmeza del pepino dulce se encuentra en 5 kg lo cual lo cataloga como duro. Huyskens, Prono, Lüdders, & Schreiner, (2006) indican que el ablandamiento en el pepino dulce continua durante todo el almacenamiento bajo Atmósferas controladas sin importar la concentración o temperatura utilizadas, el ablandamiento fue mucho menor que en frutas que se almacenaron sin tratamiento de atmósferas controladas, pero temperaturas de 5°C y concentraciones de CO₂ altas reportaron menos ablandamiento que en los otros tratamientos, de igual manera señalan que el ablandamiento esta relacionados con la degradación de carbohidratos estructurales de la pared celular, como sustancias pécticas solubles e insolubles, xiloglucano y hemicelulosas.

2.2.3. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Los alimentos contienen azúcares disueltos, los cuales indican la evolución de la maduración de las frutas según el Grupo Corporativo Cajamar (2014), la escala Brix mide directamente la concentración de disoluciones de azúcar expresa Herráez (2008), los zumos de fruta además de contener azúcares también contiene ácidos (cítrico y ascórbico), minerales y vitaminas al igual que contienen compuestos de calcio o pectinas que pueden influir en la viscosidad del zumo y afectar directamente al índice de reflectancia medido por el refractómetro, equipo usado para mediar los grados Brix del zumo de frutas (ECURED, 2018).

El pepino dulce en estado de madurez fisiológico, tiene un contenido de sólidos solubles totales de 7 °Brix según Solís (2015), pero puede alcanzar valores de hasta 9 °Brix manifiesta Nuez & Ruiz (1996), este valor se debe a los azúcares presentes en el pepino dulce, como se muestra en la Tabla 4., mientras que en la tabla 5 se muestra como el contenido de sólidos solubles aumenta continuamente meses antes a la cosecha. Además en los estudios de Huyskens, Prono, Lüdders, & Schreiner (2006) realizados con frutos de pepino dulce en estado de madurez inicial bajo el método de atmósferas controladas, el contenido de azúcares libres aumento durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 4. Contenido de azúcares en dos zonas del fruto maduro de pepino dulce.

Componentes	Valores por 100 g de tejido fresco	
	Pericarpio	Corazón
Fructosa (g)	1.4 + 0.05	1.3 +0.1
Glucosa (g)	0.9 + 0.02	0.8 +0.06
Sacarosa (g)	2.6 + 0.32	4.9 + 0.61
Inositol (g)	<0.01	<0.01

Fuente: Nuez & Ruiz (1996)

Tabla 5. Evolución de los azúcares durante la maduración de los frutos en la planta.

	6 semanas	3 semanas	Maduración
Fructosa (mg/100g)	1 890	1 550	1 440
Glucosa (mg/100g)	1 200	990	930
Sacarosa (mg/100g)	63	840	2 630
Total de azúcares	3 153	3 380	4 990
°Brix	5.0	6.2	9.3

Fuente: Redwell y Turner (1986)

2.2.4. ACIDEZ TITULABLE

Este parámetro determina la cantidad de ácidos (cítricos, málico, láctico, oxalacético, succínico, glicérico, fosfórico, clorhídrico entre otros) contenidos en un alimento, los cuales influyen directamente en el sabor de los alimentos, color, estabilidad microbiana y calidad de conservación expresa el Grupo Corporativo Cajamar (2014).

En un estudio realizado por Galletti, Berger, Drouilly, & Lizana (2006) reportaron porcentajes de acidez de 0.17 y 0.07 % en frutos de madurez inicial y media, medida de acuerdo al color verde y verde pálido respectivamente, en el mismo estudio se concluyó que la modificación de la atmosfera de almacenamiento mantuvo relativamente constante los valores de acidez titulable, entre 0.05 y 0.08%, debido a los ácidos contenido en el fruto del pepino dulce como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Contenido de ácidos orgánicos en dos zonas del fruto maduro de pepino dulce.

Componentes	Valores por 100 g de tejido fresco	
	Pericarpio	Corazón
Ácido málico (mg)	10.1 ± 0.23	14.8 ± 0.9
Ácido Cítrico (mg)	124.2 ± 7.5	180.0 ± 8.3
Ácido Quínico (mg)	1.4 ± 0.1	1.5 ± 0.1

Fuente: Nuez & Ruiz (1996)

2.2.5. ACIDEZ ACTIVA – pH

La acidez activa es la medida más utilizada en la industria agroalimentaria según el Grupo Corporativo Cajamar (2014), misma que mide la concentración de H_3O^+ (ion hidronio) presente en el jugo de una fruta (Zumo obtenido por licuado), generalmente se relaciona con la cantidad de ácidos presentes en la fruta, entre más bajo sea este parámetro mayor es el tiempo de conservación de la fruta, ya que actúa como barrera microbiana natural; el valor de la acidez activa se detalla en términos de pH. Estudios realizados en el pepino dulce por Ahumada & Cantwell (1995) se detalla que el pH del zumo del pepino dulce es de 8.1

2.3. PROPIEDADES NUTRITIVAS Y FUNCIONALES DEL PEPINO DULCE

El valor nutritivo de los alimentos se evalúa de acuerdo con la cantidad de nutrimentos orgánicos e inorgánicos que posee un alimento según manifiestan Greenfield & Southgate (2003). Además, el mismo autor detalla, que en los nutrimentos orgánicos se incluyen los carbohidratos, grasas, proteínas, y vitaminas, mientras que los nutrimentos inorgánicos son básicamente los minerales. Algunos nutrimentos se sintetizan en el organismo a partir de moléculas específicas, en cambio otros nutrimentos no son sintetizados por el organismo, por lo tanto, si un alimento contiene aquellos nutrimentos que el organismo no sintetiza su valor nutritivo se incrementa.

Gil (2010), la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (2019) y el Ministerio de Salud Pública (MSP) (2014) recomiendan un consumo mínimo de 2 a 3 raciones de frutas frescas al día, lo cual equivale entre 100 y 150 gr de fruta por cada porción consumible, esto equivale a un pepino dulce de tamaño medio. Los principales componentes del valor nutricional de las frutas son el contenido de agua (superior al 85 %), un bajo contenido calórico y un alto contenido de vitaminas, mismas que son inestables a distintos factores externos (luz, temperatura, oxígeno entre otros). Además, debido a los procesos de industrialización, las frutas experimentan pérdidas importantes de vitaminas, cabe destacar que el valor nutritivo de las frutas está dado por los altos contenidos de ácido ascórbico. Por estas razones un consumo en fresco de las frutas es mucho mejor que consumir frutas procesadas o semi procesadas, en presentaciones como frutas cortadas, pulpas, jugo, néctares o mermeladas.

2.3.1. ÁCIDO ASCÓRBICO

El valor nutritivo del pepino dulce principalmente está dado por su alto contenido de ácido ascórbico (Vitamina C), en cual es de 32 mg/100 g según el INCAP (2007). Mientras que Nuez & Ruiz (1996) detallan el contenido de ácido ascórbico en distintas variedades de pepino dulce como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Contenido de ácido ascórbico de distintas variedades de pepino dulce

Variedad	Contenido de ácido ascórbico mg/100g de fruta
El camino (Nueva Zelanda)	46.0 – 68.8
Variedades de Perú y Chile	26.0 – 29.7

En conclusión, el contenido de ácido ascórbico del pepino dulce varía de acuerdo al cultivo y las condiciones ambientales del genotipo varietal y, se ha determinado que el contenido de ácido ascórbico puede variar entre 20 mg como mínimo y hasta un máximo de 75 mg/ 100 gramos de pepino dulce, con base en estos valores 100g de pepino dulce puede cubrir la demanda diaria de ácido ascórbico que se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Demanda diaria de ácido ascórbico

Edades	Demanda diaria en mg/100g
Menores de 13 años	20
Mayores de 13 años	30
Mujeres en embarazo	50

El ácido ascórbico es de importancia para cumplir funciones como:

- Mantener en buen estado los vasos sanguíneos
- Formar el colágeno, proteína que sirve de soporte y unión a las células y tejidos como piel, cartílagos y huesos.
- Mejora la absorción de Fe.
- Favorece la resistencia a infecciones
- Actividad antioxidante

El ácido ascórbico tiene varios beneficios, pero debe ser consumido en cantidades adecuadas, la carencia de ácido ascórbico puede aumentar el riesgo de desarrollar Escorbuto, de igual forma su exceso puede ser relativamente tóxica según Méndez (2018).

2.3.2. CONTENIDOS DE FENOLES TOTALES

Las propiedades funcionales de los alimentos son de origen natural y de naturaleza alimentaria según García (2012), y detalla que aportan efectos benéficos específicos a la salud de las personas que los consume, de acuerdo con los compuestos funcionales que el alimento posea ya sea de origen natural o añadidos en la

formulación del alimento. Un alimento es considerado como funcional si este tiene efectos benéficos sobre:

- Sistema metabólico
- Sistema cardiovascular
- Sistema digestivo
- Defensa antioxidante
- Funciones psicológicas
- Crecimiento y desarrollo

Mientras que los factores que limitan la funcionalidad de un alimento son:

- Interacción de diferentes ingredientes alimenticios
- Disposición individual
- Cambios por cocción
- Cambios durante el almacenamiento
- Caramelización
- Pardeamiento no enzimático y enzimático

Los componentes presentes en los alimentos que otorgan la calificación de funcional al alimento son varios, los compuestos funcionales más importantes que puede tener un alimento en su composición son:

- Omega 3 y 6
- Probióticos y Prebióticos
- Fitoesteroles y fitoestanoles
- Antioxidantes
- Fibra
- Minerales

El fenol y los polifenoles constituyen un grupo de sustancias químicas de diferentes estructuras, actividad biológica y propiedades químicas, que forman un grupo de más de 8,000 tipos de fenoles diferentes. Los fenoles se caracterizan por tener un anillo aromático, con uno o más grupos hidróxidos como se muestra en la Figura 2. Los compuestos fenólicos más representativos de este grupo son flavonoides según

Gutiérrez, Ortiz, & Mendoza (2008), además manifiestan que los fenoles pueden prevenir el estrés y daño oxidativo de las células y por ende la prevención de enfermedades degenerativas asociadas al daño oxidativo, su actividad antioxidante puede tener efectos terapéuticos sobre actividades antiinflamatorias, hepatoprotectora, antineoplásica o antimicrobial ente otras.

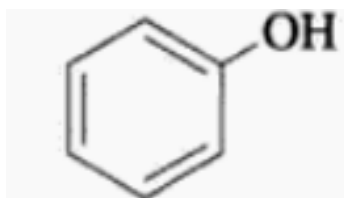


Figura 2. Estructura de los fenoles.

Fuente: Yúfera (1996)

En un estudio realizado por Herraiz, et al. (2016) en cuatro variedades de pepino dulce (37 – A variedad nativa de Ecuador, El camino variedad de Nueva Zelanda, Puzol y Valencia Variedades cultivadas en España) determinaron mediante la metodología HPLC-DAD-MSn / ESI la presencia de 24 variedades de ácido hidroxinámico (5 a 16 compuestos por cada variedad), los compuestos fenólicos más importantes detectados fueron ácidos hidroxinámicos y sus derivados donde se cuantifico un contenido entre 1.11 a 2.35 mg/g de peso seco en muestras de fruta de pepino dulce.

2.4. POSTCOSECHA DEL PEPINO DULCE

Las frutas una vez que son separadas de la planta, es decir cosechadas, continúan con los procesos biológicos como una planta viva con respiración, traspiración, síntesis de metabolitos y fotosíntesis detalla Martínez, Lee, Chaparro, & Páramo (2003) además describe que este proceso es limitado debido a distintos factores que intervienen en el deterioro de la fruta, y el objetivo de la postcosecha es aumentar el tiempo de conservación de las frutas en el mejor estado posible, mediante distintos métodos de conservación.

Según Nuez & Ruiz (1996) varios autores han escrito sobre la clasificación del pepino dulce como una fruta climatérica o no climatérica, debido a que presenta características de cada clasificación como una tasa de respiración media, cambios

metabólicos durante el almacenamiento o la producción baja de etileno, su baja respuesta a tratamientos de baja concentración para maduración con etileno, mientras que con tratamientos a altas concentraciones de 500 ppm la respiración del pepino dulce se incrementa mucho, otros autores citan que el comportamiento de diferentes variedades de pepino dulce muestran características tanto climatéricas como no climatéricas, esto dependiendo de la variedad que se haya estudiado; con base en lo anterior expuesto se puede decir, que el comportamiento climatérico y no climatérico del pepino dulce depende de la variedad o que el pepino dulce tiene un comportamiento semi-climatérico.

Los cambios más significativos que suceden en el pepino dulce durante el almacenamiento, por quince días a temperatura ambiente según Nuez & Ruiz (1996), son pérdida de peso por deshidratación entre el tercero y quinto día, mientras que hay cambios significativos en el contenido de sólidos solubles, pero el cambio más significativo que se da en el pepino dulce es el incremento de ácido ascórbico, el cual puede llegar hasta un incremento del 100 por ciento, desde el estado de madurez fisiológico hasta el estado de madurez comercial.

2.4.1. ÍNDICE DE MADUREZ

Una vez que la fruta haya alcanzado su madurez fisiológica, el proceso de maduración continúa hasta llegar a la madurez comercial. Durante la conservación, es necesario determinar el estado de madurez en el que se encuentra la fruta, para deducir como se debe conservarla y alargar su tiempo de vida útil tanto como sea posible de acuerdo a lo descrito por Kader & Zaldivar (2011).

El índice de madurez de una fruta se puede calcular de diferentes formas, por ejemplo, midiendo sus propiedades físicas como forma, tamaño y características de la superficie, de igual manera se puede medir las propiedades químicas de la fruta como el cambio del contenido total de sólidos solubles, mediante el uso de un refractómetro, cambios en la distribución del almidón en la pulpa del producto que se pueden medir con una reacción yoduro-almidón, o con la medición de la acidez de la fruta mediante titulación y con la relación sólidos/acidez que se emplea generalmente como índice de madurez.

2.4.2. RESPIRACIÓN

Al igual que los seres humanos las frutas respiran oxígeno (O_2), el cual cataliza el proceso de degradación de carbohidratos, proteínas y grasas y como resultado se produce CO_2 detallan Kader & Zaldivar (2011). La respiración de la fruta permite que continúe el deterioro de los tejidos de ésta, el valor alimenticio se reduce, el sabor se pierde, hay generación de calor y pérdida de peso debido a la transpiración, estos cambios pueden ser extremadamente rápidos o pueden ser de forma gradual muy lenta, esto depende directamente de la velocidad de respiración de cada fruta. En el caso del pepino la velocidad de respiración es media, con un valor de 15 a 25 $mg\ CO_2/kg\cdot h$ a 20 °C. Distintos aspectos intervienen en el proceso de respiración de las frutas y hortalizas acelerándola o deteniéndola como se destacó en la Tabla 4. y como detallan Martínez, Lee, Chaparro, & Páramo (2003):

- La temperatura alta, incrementa el proceso de respiración, si es más alta de la óptima la respiración se disminuye y ocasiona la muerte del producto.
- La humedad posee una relación directamente proporcional con la respiración, mayor humedad, mayor respiración.
- En etapas de floración y germinación aumentan la respiración.

2.4.3. PRODUCCIÓN DE ETILENO

El etileno en las frutas y hortalizas es un regulador del crecimiento, el mismo tiene varias funciones biológicas en las frutas según Gil (2010), ya que actúa como promotor de la abscisión (separación del fruto de la planta – caída), actúa directamente en la maduración y senescencia de la fruta, además actúa como catalizador de la respiración. Las frutas climatéricas tienen una producción más alta de etileno que las frutas no climatéricas, el etileno en las frutas climatéricas acelera el proceso de maduración, mientras que en las frutas no climatérica el etileno solamente incrementa la actividad respiratoria de la fruta, en los frutos no climatéricos se aplica etileno con el fin de mejorar el color, de color verde a colores más claros propios de las frutas. En el caso del pepino dulce la producción de etileno es media con una tasa de producción de 0.1 $ul\ C_2H_4/kg\cdot h$ a 20° C.

2.4.4. PÉRDIDAS POSTCOSECHA

Las pérdidas postcosecha pueden darse en cualquier momento, desde la cosecha hasta el consumo de la fruta, en países en vías de desarrollo las pérdidas postcosecha están entre el 25 y 50 por ciento de la producción total según Martínez, Lee, Chaparro, & Páramo (2003), lo cual significa una pérdida considerable de dinero para el productor y comerciantes, estas pérdidas se pueden dar por dos causas primarias y secundarias respectivamente.

Las causas postcosecha primarias se refieren a factores biológicos, microbianos (plagas y enfermedades) y las contaminaciones químicas y bioquímicas que contaminan a la fruta con elementos tóxicos provenientes de plaguicidas. Mientras que las causas secundarias incluyen aspectos como hora inadecuada de cosecha, infraestructura de almacenamiento inadecuada o administración ineficiente del almacenamiento, transporte lento, mala planificación de la producción de la cosecha y sistema de mercadeo inadecuado.

2.5. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DEL PEPINO DULCE

Las frutas y hortalizas pueden conservarse por distintos medios, como puede ser con películas plásticas comestibles, mediante tratamientos térmicos (altas o bajas temperaturas) de acuerdo con el tipo de fruta o con el procesos posterior de utilización de la fruta, para ser utilizada como materia prima en la industria o para su consumo en fresco, para fines de esta investigación se trataran los métodos de conservación de refrigeración y conservación por medio de atmósferas controladas activas.

2.5.1. REFRIGERACIÓN

Según la FAO y López (2003), el control de la temperatura es uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos y es una herramienta básica para reducir el deterioro postcosecha de alimentos, las bajas temperaturas pueden disminuir la actividad de agua, la actividad de las enzimas y la actividad de los microorganismos responsables del deterioro de la fruta. La refrigeración reduce la actividad respiratoria y conserva las reservas que no son consumidas por este proceso, conservado así el contenido nutricional de las frutas. Las temperaturas de

refrigeración más utilizadas para conservación de frutas generalmente están entre 2 y 5 °C, pero estas dependen de la fruta, en el caso del pepino dulce la temperatura óptima de conservación es de 5°C Nuez & Ruiz (1996).

La exposición excesiva de la fruta a bajas temperaturas, congelación, o temperaturas menores a las óptimas de conservación que puede soportar la fruta, conduce a un acelerado deterioro de la calidad del producto. El congelamiento del agua presente en los alimentos hace que se formen cristales, mismos que dañan los tejidos de la fruta, la cual una vez descongelada presenta efectos negativos en el producto como la pérdida de turgencia, presencia de exudados y la desorganización general de los tejidos. Algunas frutas no toleran la exposición excesiva a temperaturas bajas o de congelamiento y pueden desarrollar ennegrecimiento como en las bananas o manchas hundidas en la cascara como en el caso del tomate. Además, pueden presentar maduración desuniforme y acelerada, en otras frutas el ennegrecimiento puede darse internamente FAO & López (2003). En el caso del pepino dulce el pardeamiento puede darse en temperaturas entre 1 a 3 °C.

El daño por frío generalmente suele darse por descuido de los operadores del área de almacenamiento, ya que siempre se controla la temperatura de almacenamiento que se encuentre en los rangos óptimos, que dependiendo de la fruta pueden ser entre 2 y 10 °C, además que el daño por frío suele ser mayor en frutas y hortalizas en estado de madurez fisiológico que en frutas u hortalizas en estado de madurez comercial expresan la FAO & López (2003).

2.5.2. ATMÓSFERAS CONTROLADAS

El método de atmósferas controladas para la conservación de frutas y hortalizas, consiste en la utilización de cámaras herméticas con temperaturas de refrigeración de acuerdo con la fruta u hortaliza que se va a conservar, en las cuales se modifica la atmósfera natural cambiando las concentraciones de oxígeno (O₂) de la atmósfera natural, de 21 % para concentraciones bajas entre 2 a 5 %, para reducir la oxidación, y más ricas en dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera natural de 1% a un porcentaje entre 15 y 20%, para reducir la respiración e inhibir la acción del etileno, manifiesta INTAGRI (2017), y para completar el 100% de la composición de la

atmósfera se usa nitrógeno, debido a que es un gas inerte que no afecta a la conservación de las frutas u hortalizas en conservación. El uso de atmósferas controladas tiene efectos benéficos sobre el control de plagas y control de microorganismos.

2.5.2.1. Tipos de atmósferas controladas utilizadas para la conservación de alimentos.

Según INTAGRI (2017), el método de atmósferas controladas para la conservación de frutas y hortalizas, puede ser utilizado de diferentes formas de acuerdo con la necesidad que se tenga o según el tipo de producto que se desee conservar.

La atmósfera controlada convencional, es aquella en la cual se modifica la atmósfera mediante la respiración propia de la fruta almacenada, donde se reducen los niveles de O₂ e incrementar los niveles de CO₂ hasta que se establezca la atmósfera necesaria, pero el tiempo en el que se logran las concentraciones necesarias para la conservación puede ser muy largo, hasta 10 días. Una vez alcanzados los niveles adecuados de los gases en la cámara, se controla la atmósfera mediante el ingreso de aire normal para regular el O₂, extraer el aire del interior de la cámara y controlar el CO₂.

La atmósfera controlada rápida consiste en reducir los niveles de O₂ en menos de dos días, a través de la inyección de nitrógeno dentro de la cámara. Este control rápido de la atmósfera es el más empleado para la conservación de los productos ya que aumenta más la vida útil de los productos y ayuda a mantener su calidad. Se debe llevar un control preciso de la concentración de los gases, temperatura y humedad relativa a través de equipos especializados para mejorar la conservación del alimento.

La atmósfera controlada de ultra bajo oxígeno es similar a una atmósfera controlada rápida, con la diferencia de que se emplean niveles de O₂ menores al 1 %, sin usar niveles altos de CO₂. Este sistema requiere de un control y monitoreo eficientes para prevenir que los niveles de O₂ se reduzcan a concentraciones peligrosas para los productos. Este sistema es más utilizado para la conservación prolongada de

manzanas, peras, bayas azules y kiwis. Prolonga la vida útil y conserva por mayor tiempo la calidad del alimento que la atmósfera controlada convencional.

La atmósfera controlada de alto CO₂ consiste en elevar los niveles de CO₂ a valores de 10 a 15 % durante 2 a 4 semanas, a una temperatura entre 0 y 5 °C antes de iniciar la atmósfera ideal.

El etileno de forma natural alcanza concentraciones de 500 a 1000 ppm, en cámaras con atmósferas controladas rápidas y convencionales. Mientras que la atmósfera controlada de bajo etileno consiste en mantener niveles muy bajos para preservar por más tiempo los productos hortofrutícolas. Los niveles de etileno en este sistema no deben ser mayores a 1 ppm.

La atmósfera controlada con sistema de control dinámico, consiste en mantener los niveles de O₂ en los límites mínimos que pueda tolerar la fruta, con el uso de sensores se monitorea los niveles periódicamente. En este sistema las condiciones de la atmósfera controlada se modifican continuamente, de acuerdo con las condiciones fisiológicas de los productos almacenados.

2.6. VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS

De acuerdo con el Laboratorio de Salud Pública del Meta (2015), la validación de un método analítico se realiza con el fin de conocer la aptitud de éste. Ya que, al momento de cuantificar un componente activo de alguna materia prima, es necesario asegurar confiabilidad del método analítico mediante un proceso de validación.

Según el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (2017), los principales parámetros de validación son linealidad, exactitud, precisión, sensibilidad y robustez, en el presente proyecto de investigación se tomaron los tres primeros parámetros antes mencionados.

2.6.1. LINEALIDAD

Según United States Pharmacopeia (2005), es la capacidad del método analítico para obtener resultados directamente proporcionales a la concentración del analito en un rango definido. Se determina mediante el estudio matemático de los

resultados obtenidos en el análisis del analito a diferentes concentraciones. La selección del rango y del número de puntos experimentales está estrictamente relacionado con la aplicación del método.

Hernández (2013) expresa, que el intervalo donde la respuesta analítica del método es proporcional a la concentración del analito es la muestra, además, menciona que esta relación debe ser lineal. Mientras que Chicaiza (2018) especifica que el estudio de linealidad se realiza durante 3 ó 4 días. Además, manifiesta que, en el eje de las "x" aparecerá la cantidad o la concentración del analito y en el eje "y", la respuesta analítica (absorbancia para métodos espectrofotométricos) y, señalan que el coeficiente de correlación (R^2), para que el método se considere lineal, debe ser mayor que 0.999.

2.6.2. EXACTITUD

Laboratorio de Salud Pública del Meta (2015) menciona que, la exactitud es una medida de la proximidad existente entre la medida de la tendencia central y la verdad o el valor esperado. Para esto la técnica más utilizada es el porcentaje de recuperación del compuesto. Debido a que no se conoce el valor verdadero de la concentración del compuesto activo en la muestra, éste solo puede estimarse.

2.6.3. PRECISIÓN

De acuerdo con la Asociación Española de Normalización (2008) citada por Hernández (2013), la precisión se define como, el grado de concordancia existente entre los resultados independientes de un ensayo, obtenidos en condiciones definidas, además menciona que la precisión depende únicamente de la distribución de los errores aleatorios y no está relacionada con el valor verdadero o especificado. De igual manera menciona que este parámetro de validación, es una medida del grado de precisión intermedia y repetitividad del método analítico, bajo las condiciones normales de operación y está relacionada con el coeficiente de variación.

Según Horwitz citado por el Laboratorio de Salud Pública del Meta (2015), la precisión del método analítico bajo condiciones de precisión intermedia se

considera aceptable cuando su coeficiente de variación CV% experimental (RSDR) es inferior al valor calculado con la ecuación teórica.

De acuerdo con Tejerina (2015), con las teorías de Kolthoff y Hortwitz se reportan tablas que establecen el coeficiente de variación máximo aceptable de un método analítico, en función del por ciento del analito en la muestra como se identifica en la Tabla 9.

Tabla 9. Coeficientes de variación máximos (CV_{máx}) de aceptación en dependencia del por ciento del analito en la muestra (% A), según las teorías de Kolthoff (I) y Hortwitz (II)

% A	CV_{máx} (I), %	CV_{máx} (II), %
100	0.1-0.3	2
50	0,3	2.2
10	1	2.8
1	2-5	4
0,1	5-10	5.7
0,01-0,001	10	8-11.3
0,0001	-	16

Fuente; (Tejerina, 2015)

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El desarrollo del experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Experimental e Innovación de la carrera de Agroindustrias de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Los análisis necesarios durante el experimento, se realizaron tanto en los Laboratorios de control de Calidad de la Universidad Técnica del Norte como en el Laboratorio de Análisis Experimental e Innovación de ésta. Las condiciones ambientales según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI” se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Datos climatológicos del área experimental.

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Altitud:	2250 m.s.n.m.
Latitud:	0° 20 Norte
Longitud:	78° 08' Oeste
Humedad relativa promedio:	73 %
Precipitación:	550.3 mm/año
Temperatura media:	17.7 ° C

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017)

3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación los materiales, reactivos y equipos necesarios para la realización de los respectivos análisis se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Materiales, reactivos y equipos para el desarrollo del proyecto de investigación.

Materia prima	Materiales	Reactivos	Equipos
Pepino Dulce en estado madurez comercial temprano	Guantes de nitrilo	Ácido ascórbico	Mezclador de gases
	Tubos de ensayo	2,6-dicloroindopheno	Analizador de gases
	Matraz Erlenmeyer de 50 ml	Agua destilada	Balanza analítica
	Matraz volumétrico de 50 y 10 ml	Ácido Gálico	Balanza gramera
	Agitador magnético	Hidróxido de sodio 0.1 N	Refractómetro manual, 0–32 °Brix
	Embudo	N	
	Papel watman N°4	Fenolftaleína al 1%	Potenciómetro
	Crisoles	Metanol	Termómetro
	Vasos de precipitación de 50 ml	Ácido meta fosfórico	Centrifuga
	Bureta de 50 ml	Ácido acético	Espectrofotómetro de reflectancia
	Gotero	Solución tampón pH 7.00 a 25 °C	Liofilizador
	Algodón		
	Cuchillos	Solución tampón pH 4.00 a 25 °C	Vitrina frigorífica
	Algodón		
	Mortero	Folin-Ciocalteu 1N	Estufa
	Desecador	Carbonato de sodio	Desecador
	Pipetas de 0.1, 1 y 2 ml		Plancha de agitación magnética
	Micro pipetas de 50 y 125 ul		Centrifuga
	Papel aluminio Para film		Vortex
	Frascos de vidrio 2 l		
Pasa muros plásticos de 4 mm OD.			
Válvulas CKD 2QV-04-04			
Tubos de teflón de 4 y 6 mm OD.			
Tanques de suministro de gases			
Algodón			

3.3. MÉTODOS

La materia prima, pepino dulce, que se utilizó en la presente investigación se obtuvo en el cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura, en estado de madurez comercial temprano, se verificó que no tenga daños físicos y peso estándar, con el fin de homogenizar la materia prima antes de empezar el experimento se lavó la materia prima con agua destilada y se dejó secar a temperatura ambiente para tener un mejor control del experimento realizado.

3.3.1. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

El control de las propiedades fisicoquímicas como contenido de sólidos solubles, acidez titulable y potencial hidrógeno del pepino dulce se realizó antes y después del experimento, es decir, al día 0 y al día 20. Los parámetros fisicoquímicos antes mencionados se evaluaron una sola vez para materia prima (día cero) a excepción del peso, el cual se evaluó antes y después de cada tratamiento. En la presente investigación, se utilizaron los métodos descritos en la Tabla 12 para evaluar las propiedades fisicoquímicas del pepino dulce, la descripción de estos métodos se encuentra en el Anexo 1.

Tabla 12: Métodos para la caracterización fisicoquímica del pepino dulce

Objetivo	Variable a evaluar	Unidad	Método
Caracterización Fisicoquímica	pH	-	AOAC 981.12 (2005)
	Acidez titulable	% de ácido málico	AOAC 942.15 (2005)
	Sólidos solubles	°Brix	AOAC 932.12

3.3.2. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE FENOLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO

En la presente investigación se utilizaron los métodos descritos en la Tabla 13 para evaluar las variables cuantitativas de tasa de respiración, contenido de fenoles totales y contenido de ácido ascórbico presentes en el pepino dulce, durante un tiempo de 20 días con mediciones cada 4 días, excepto tasa de respiración que se midió cada 3 días, para ellos se utilizó un Diseño Completamente al Azar con

arreglo factorial AxB+2. Los métodos mencionados en la Tabla 13, se describen en el Anexo 2.

Tabla 13: Métodos para la evolución de las propiedades nutricionales y funcionales del pepino dulce

Objetivo	Variable a evaluar	Unidad	Método
Evaluación de la respiración	Tasa de respiración	mg CO ₂ /(kg*h) mg O ₂ /(kg*h)	(Angós, Viseda, & Fernández, 2007), Analizador de gases WITT: MAPY 4.0 LE SP 02/CO ₂
Evaluación del valor nutricional	Ácido ascórbico	mg/100g	AOAC Official Methods 967.21 descrito por Henshall (2012)
Evaluación de las propiedades funcionales	Fenoles totales	mg/100g E	Método Folin-Ciocalteu descrito por Yildiz, Ünal, & Uylaser (2014).

3.3.2.1. Factores en estudio

En la presente investigación se consideraron 2 factores, temperatura y concentración de gases para el almacenamiento como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Factores en estudio

Factor A: Concentración de gases en la atmósfera	Factor B: Temperatura
A1: O ₂ =5%; CO ₂ =15%; N ₂ =80%	B1: 5 °C
A2: O ₂ =3%; CO ₂ =17%; N ₂ =80%	B2: 8 °C

3.3.2.2. Tratamientos en estudio

De acuerdo con los factores en estudio tomados en cuenta para el desarrollo de la investigación, se obtuvo los tratamientos que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15: Tratamientos en estudio

Tratamiento	Factor A	Factor B	Interacción
T1	A1	B1	A1B1
T2	A1	B2	A1B2
T3	A2	B1	A2B1
T4	A2	B2	A2B2

3.3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación para el análisis de datos se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AxB+2 testigos.

3.3.3.1. Unidad experimental

La cantidad empleada para cada unidad experimental fue de 150 g (1 unidad) de pepino dulce, en estado de madurez comercial temprano, envasada en recipientes de vidrio transparente de 2 litros con cierre hermético.

3.3.3.2. Características del experimento

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

3.3.3.3. Análisis de varianza

En la Tabla 16, se detalla el esquema del análisis estadístico, con un nivel de significancia del 5% para el diseño experimental que se empleó en la presente investigación.

Tabla 16: ADEVA para el Diseño Experimental.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	17
Tratamientos	5
A: Concentración de gases	1
B: Temperatura	1
Interacción A x B	1
Testigo 1 vs Testigo 2	1
Testigo 1, Testigo 2 vs Resto	1
Error	12

En caso de existir diferencias significativas entre tratamientos se realizará la prueba Tukey, al 5% y comparaciones ortogonales.

3.3.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El manejo específico de experimento se llevó a cabo de acuerdo con el diagrama de bloques que se describe a continuación:

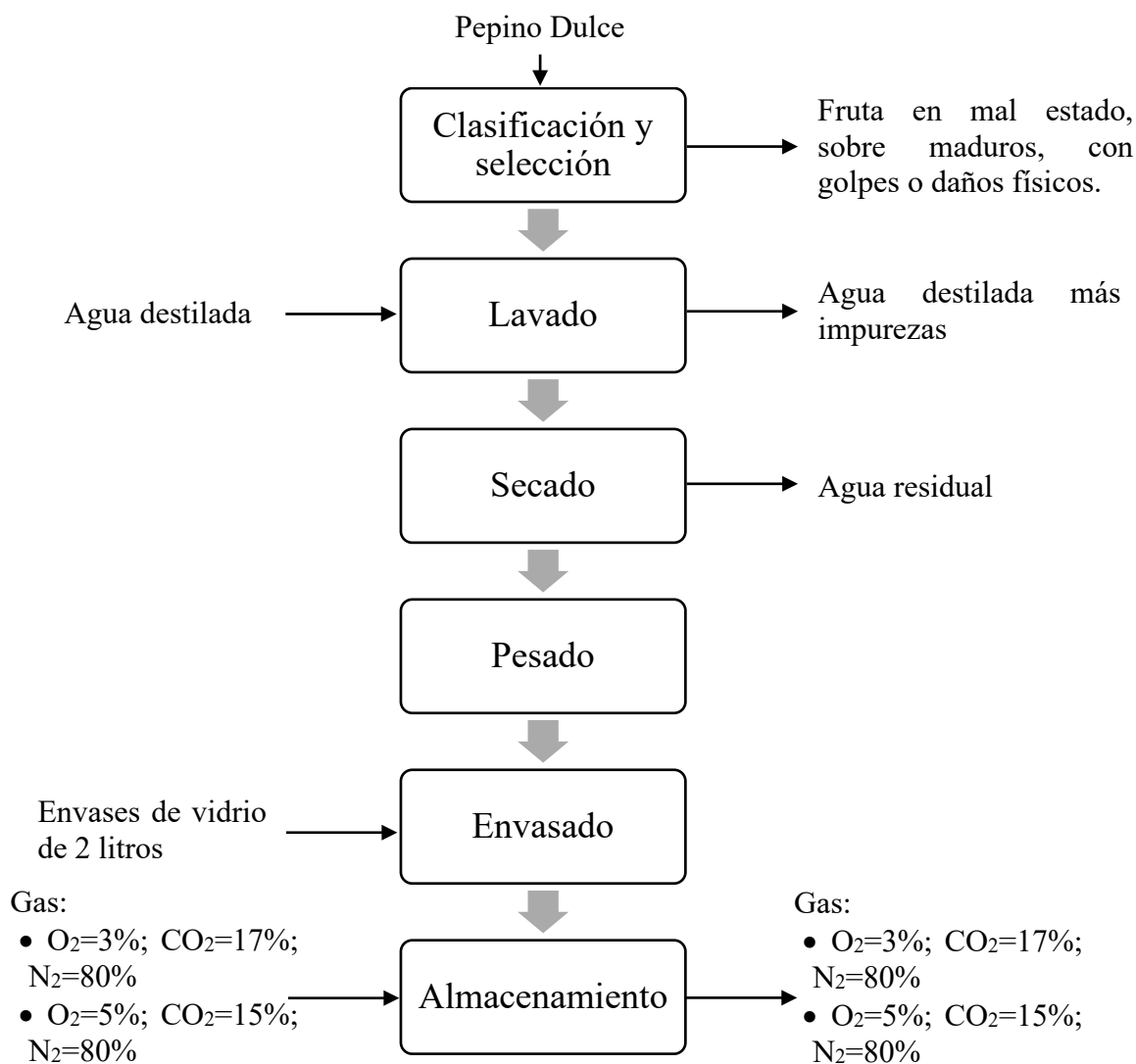


Figura 3. Diagrama de bloques

3.3.5. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

3.3.5.1. Clasificación y selección

Una vez que se obtuvo el pepino dulce, se seleccionó las frutas que estén en buen estado, es decir, las frutas con golpes o sobre maduras no se tomaron en cuenta para el estudio, mientras que las frutas que se encontraban en buen estado se las clasifico de acuerdo al estado de madurez del pepino dulce, el cual se calcula mediante la relación entre el contenido de sólidos solubles sobre la acidez titulable de la misma,

una vez determinado el estado de madurez fisiológico, se seleccionó las frutas con el color que tiene la fruta al momento de la madurez comercial temprano.



Figura 4. Selección del pepino dulce

3.3.5.2. Lavado

Una vez seleccionado y clasificado el pepino dulce, se lavó con abundante agua destilada, con el fin de eliminar cualquier tipo de impurezas presentes como tierra, polvo o contaminantes químicos y biológicos que puedan influir en la conservación del pepino dulce.



Figura 5. Lavado del pepino dulce

3.3.5.3. Pesado

Se pesó la unidad experimental por triplicado mediante una balanza analítica con un peso promedio entre 430 y 450 gramos, equivalente a 3 pepinos dulces.



Figura 6. Pesado del pepino dulce

3.3.5.4. *Envasado*

La unidad experimental se conformó por un frasco de vidrio de 2 litros, en la tapa de estos frascos se realizaron 3 orificios de 10 milímetros de diámetro, en dos de estos se colocaron pasa muros marca Legris de 4 mm de diámetro, mientras que el tercer orificio se llenó con silicona para vidrio, con el fin de realizar las mediciones de la tasa de respiración durante el tiempo de almacenamiento. El pepino dulce con un peso promedio de 430 a 450 gramos se introdujo en el envase de vidrio, dejando un espacio de cabeza máximo del 20 % del volumen total del frasco, para realizar la medición de la tasa de respiración. Los frascos de vidrio tienen una membrana de silicona, que genera un cierre hermético y evita la fuga de la mezcla de gases que conforman la atmósfera controlada.

El ingreso del gas de la atmósfera controlada al frasco de vidrio, se realizó conectando mangueras de teflón de uso alimentario, desde el mezclador de gases hasta los pasa muros marca Legris de 4 mm, los cuales se sellaron con silicona líquida para evitar cualquier tipo de fuga del gas.



Figura 7. Envasado del pepino dulce en atmósferas controladas

3.3.5.5. Almacenamiento

El almacenamiento de la fruta bajo el método de atmósferas controladas, duro un periodo de tiempo de 20 días, durante los cuales se midió la tasa de respiración del pepino dulce, el contenido de ácido ascórbico y el contenido de fenoles totales cada 4 días, excepto la tasa de respiración la cual se midió cada 3 días, como se describe en el Anexo 2. Además, las unidades experimentales se colocaron en una vitrina frigorífica a una temperatura de 5 y 8 °C, la temperatura no varía más de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ como máximo de la temperatura establecida en el estudio, debido a que el control de temperatura se realizó mediante un controlador de temperatura, el cual se mandó a hacer específicamente para la investigación.



Figura 8. Almacenamiento del pepino dulce bajo el método de atmósferas controladas

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pepino dulce se adquirió en la comunidad Chuga, perteneciente al cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura. Esta fruta se clasifica según el estado de madurez, para el presente estudio se utilizó frutos en estado de madurez comercial temprano, debido a que en esta fruta si es cosechada en estado de madurez fisiológico no continúa su maduración.

4.1. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE

Se caracterizó la materia prima de acuerdo con los parámetros de peso (gramos), pH, sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable (% de ácido cítrico), con el fin de evaluar el comportamiento de los compuestos antes mencionados para la materia prima (MP, día cero) y después de cada tratamiento (Tn, día veinte) del método de conservación empleado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Parámetros fisicoquímicos del pepino dulce antes y después del almacenamiento bajo el método de atmósferas controladas.

Compuesto	MP	T1	T2	T3	T4	Testigo 1	Testigo 2	
Peso	0	457.33 ± 0.5	442.67 ± 0.5	442.67 ± 0.5	429.59 ± 0.4	438.33 ± 3.1	429.29 ± 0.2	
	20	454.33 ± 1.3	439.88 ± 0.6	440 ± 0.0	426.33 ± 0.5	434.67 ± 3.4	426 ± 0.0	
pH	5.2 ± 0.00	5.17 ± 0.02	5.32 ± 0.09	5.37 ± 0.08	5.2 ± 0.11	5.2 ± 0.11	5.21 ± 0.11	
Sólidos solubles	7.67 ± 0.00	5.9 ± 0.28	5.47 ± 0.05	8.17 ± 0.21	8 ± 0.08	7.93 ± 0.05	7.73 ± 0.09	
Acidez titulable	0.125 ± 0.00	0.083 ± 0.01	0.083 ± 0.01	0.092 ± 0.01	0.096 ± 0.01	0.079 ± 0.01	0.096 ± 0.01	
Color	L	45.2 ± 2.22	62 ± 1.46	60.8 ± 1.48	45.3 ± 2.33	37.7 ± 1.21	45.3 ± 2.02	50.1 ± 3.27
	a	-11.8 ± 0.74	-7.41 ± 0.45	-5.49 ± 0.40	-10.54 ± 0.44	-10.69 ± 1.68	1.26 ± 0.51	-0.22 ± 0.61
	b	35.75 ± 2.67	30.16 ± 0.36	24.04 ± 0.31	32.49 ± 1.57	37.5 ± 0.83	33.34 ± 2.36	30.91 ± 1.34

En promedio, hay un cambio de 3.12 gramos desde el inicio hasta el final del almacenamiento tanto en tratamientos como en los testigos. El porcentaje de peso que perdió el pepino dulce durante el almacenamiento en atmósferas controladas, es mucho menor al que determinó Berger, Droully, Lizanal, & Gallett (2006), ellos evaluaron la conservación y vida útil del pepino dulce bajo el método de atmósferas modificadas, donde determinaron una pérdida de peso del 2% a los 21 días de

conservación. Mientras que Wang & Qi (1997) almacenaron pepino (*Cucumis sativus L.*) durante 18 días en atmósferas modificadas y, determinaron que el incremento de la humedad relativa y el confinamiento en un ambiente completamente cerrado, en bolsas de polietileno, reduce la pérdida de peso en el almacenamiento. En dicha investigación se indican que la interacción entre la humedad relativa y el confinamiento del pepino durante el almacenamiento reducen las pérdidas de peso, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Pérdida de peso a humedad relativa alta y ambiente confinado del pepino (*Cucumis Sativus L.*).

Fruta	Tipo de envase	Humedad relativa	Pérdida de peso
<i>Cucumis sativus L.</i>	Sin envase		9.2%
	Perforado	90 - 95%	0.9%
	Completamente cerrado		0.2%
<i>Solanum muricatum</i>	Vidrio		0.72%

Fuente: Wang & Qi (1997)

Al inicio del almacenamiento, los frutos maduros de pepino dulce presentaron un valor de pH de 5.2 y para acidez titulable de 0.125, estos valores se encuentran dentro de los intervalos 4.72 a 5.22 de acuerdo con Kola (2010) y de 0.07 a 0.17 según un estudio realizado por Galletti, Berger, Drouilly, & Lizana (2006), ellos estudiaron el comportamiento del pepino dulce bajo el efecto del método de conservación de atmósferas modificadas. Como se puede observar en la Tabla 16 el pH del pepino tuvo una disminución y un incremento máximos de 0.03 en el T1 y de 0.17 para el T4, mientras que la acidez titulable disminuyó en todos los tratamientos y testigos. Estas variación se debe a que la fruta se torna menos ácida durante el almacenamiento, ya que el proceso de maduración continua, donde los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos de la respiración para obtener energía (ciclo de Krebs) como lo detallan Ávila, Moreno, Fischer, & Miranda (2008) y Khan Academy (2019).

Solís (2015) determinó valores de 5.61 y 6.158 para el porcentaje de sólidos totales solubles (°Brix) en frutos pre maduros de pepino dulce, rango en el cual se encuentran los frutos utilizados en el presente estudio. En la Tabla 16, se puede observar, que el contenido de sólidos solubles disueltos disminuyó en los T1, T2 y

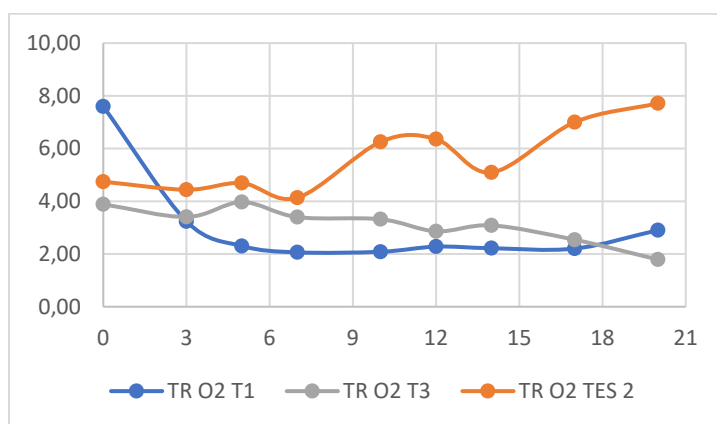
T3 mientras que en el T4 y los testigos se evidencia un incremento. La disminución de sólidos solubles en los 3 primeros tratamientos depende de la reducción de la tasa de respiración del pepino dulce, como se detalla en el apartado 4.2.2. Mientras que los sólidos disueltos incrementan en el T4 y en los testigos, porque el fruto del pepino dulce es considerado como un acumulador de sacarosa, misma que aumenta durante la maduración según Kola (2010) y Sanchez, et al (2000).

4.2. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL PEPINO DULCE DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO ATMÓSFERAS CONTROLADAS

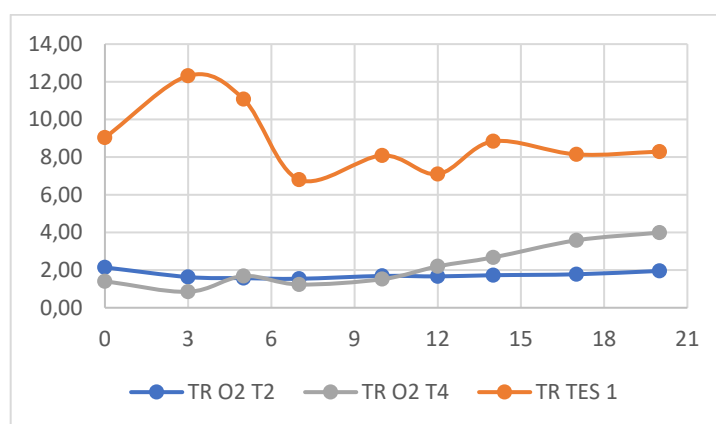
En el presente estudio, se evaluó la tasa de respiración del pepino dulce durante el almacenamiento, se midió mediante dos métodos, consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono, como lo detalla Navarro, Tinoco, & Huari (2016).

4.2.1. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN – CONSUMO DE OXÍGENO

En la Figura 9 (A), se observa como la tasa de respiración del T1 se estabiliza a partir del tercer día y se mantiene constante hasta el final del almacenamiento, la tasa de respiración del T3 disminuyó continuamente desde el inicio hasta el final del almacenamiento. Mientras que la tasa de respiración del testigo 2, tuvo un comportamiento irregular e incrementó durante el tiempo de almacenamiento a 5°C.



(A)



(B)

Figura 9. Tasa de respiración (consumo de O₂) del pepino dulce tratamientos a 5°C (A) tratamientos a 8°C (B).

En la figura 9 (B), se observa como la tasa de respiración de los T2 y T4 se mantiene relativamente constante durante el tiempo de almacenamiento, mientras que la tasa de respiración del testigo 1, tuvo su pico más alto al tercer día y su pico más bajo al sexto día, donde alcanzó la estabilidad, y se mantuvo constante durante el resto de días de almacenamiento a 8°C.

El comportamiento de la tasa de respiración de los testigos, almacenados a 5 y 8°C, de acuerdo con Artés (2006), se debe a que la refrigeración convencional no es suficiente para lograr una óptima calidad final de los productos vegetales en conservación, debido a que el proceso de maduración continúa a pesar del almacenamiento a estas temperaturas de refrigeración. Mientras que la reducción de la tasa de respiración, que presentaron los tratamientos almacenados bajo atmósferas controladas, tanto a 5 como a 8°C, se debe a que altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera de conservación de productos hortícolas, reduce la tasa de respiración según manifiestan Najarro, Tinoco, & Huari (2016). Además, Artés (2006) detalla que, para poder controlar la tasa de respiración se debe tener un amplio conocimiento de la fisiología y bioquímica de la maduración, senescencia en la postcosecha, así como de la influencia de la temperatura, la HR, el uso controlado de O₂, CO₂, C₂H₄ y otros gases en la atmósfera de almacenamiento de los órganos vegetales.

En el análisis de varianza que se presenta en la Tabla 19, se determinó que existen diferencias significativas para los tratamientos y altamente significativas en el contraste testigos 1 y 2 vs el resto. Además, el factor A (concentración de gases) no presentó diferencias significativas, por lo tanto, este factor no influyó en la reducción y estabilidad de la tasa de respiración (consumo de O₂) en comparación con el factor B (Temperatura de almacenamiento). Finalmente, no se determinaron diferencias significativas entre testigos ni en la interacción AxB.

Tabla 19. Análisis de varianza. Tasa de respiración (consumo O₂) del pepino dulce

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	122.35	5	24.47	20.23	<0.0001	**
Factor a	0.44	1	0.44	0.38	0.555	NS
Factor b	8.18	1	8.18	6.98	0.0296	*
Factor a*factor b	0.86	1	0.86	0.73	0.4169	NS
Tes1yTes 2 vs Resto	112.37	1	112.37	92.91	<0.0001	**
Tes1 vs Tes 2	0.49	1	0.49	0.4	0.5368	NS
Error	14.51	12	1.21			
Total	136.86	17				

La Figura 10, esquematiza los resultados en la Tabla 19, que muestran las diferencias altamente significativas entre tratamientos y testigos. Además, se puede identificar que el Testigo 1 (atmósfera ambiente y temperatura de 8°C) fue el tratamiento con la mayor tasa de respiración, pero presentó mejores características organolépticas, ya que todos los tratamientos presentaron pardeamiento enzimático causado por exceso de CO₂ y en el caso del testigo 1 fue debido al frío.

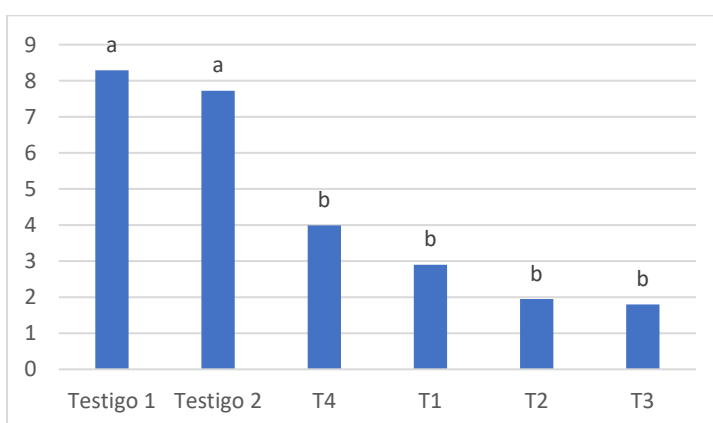


Figura 10. Tukey para tasa de respiración, consumo de O₂, del pepino dulce.

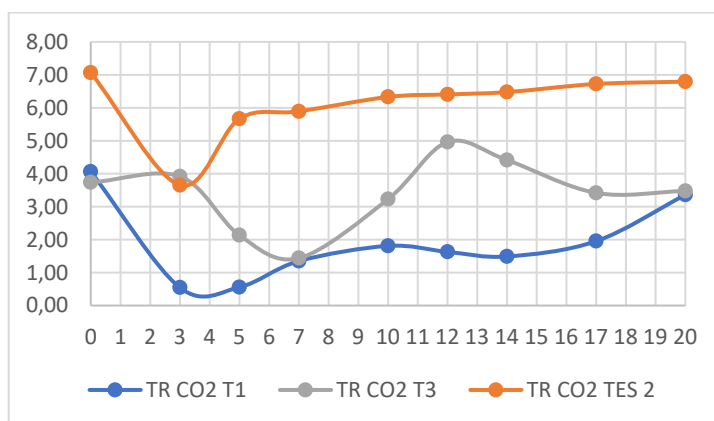
Este comportamiento, se debe a que bajas concentraciones de oxígeno (1-5%) presentes en la atmósfera de conservación, reducen la tasa de respiración de un

alimento según Kader (2002), un comportamiento similar fue reportado por Chonhenchob, Chantarasomboon, & Sing (2007) donde se mostró que en el almacenamiento de mango, piña y melón se alcanzó la estabilidad de la tasa de respiración entre los 6 y 13 días de almacenamiento a una temperatura de 10°C con una concentración de gases de 7% O₂ y 18% CO₂ para mango, 6% O₂ y 14% CO₂ para piña y 14% O₂ para melón y un promedio de 8% O₂ y 18% CO₂ para la mezcla de frutas.

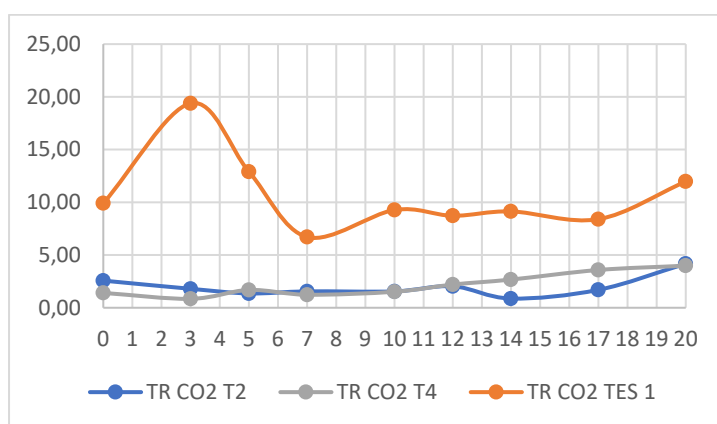
4.2.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN – PRODUCCIÓN DE DIOXIDO DE CARBONO

El pepino dulce es una fruta semi climatérica, con una tasa de respiración media de 15 a 25 mg CO₂/(kg*h) a 20 °C, como lo expone Martínez et al, (2003, pág. 10). En la Figura 11 (A), se puede identificar que los T1 y T3 que se conservaron a una temperatura de 5°C, presentaron un comportamiento irregular durante el almacenamiento, pero el punto de inicial y final de la tasa de respiración de estos se mantuvieron relativamente constantes, mientras que el testigo 2, equilibrio su tasa de respiración al quinto día y, mantuvo un leve incremento constante hasta el final del almacenamiento.

En la Figura 11 (B), se observa el comportamiento de la tasa de respiración del pepino dulce de los T2 y T4, que se conservaron a una temperatura de 8°C. Estos tratamientos mantuvieron relativamente constante su tasa de respiración hasta el final del almacenamiento. Por otra parte, el testigo 1 equilibró su tasa de respiración a partir del quinto día y se mantuvo constante hasta el final del almacenamiento.



(A)



(B)

Figura 11. Tasa de respiración (producción de CO₂) del pepino dulce tratamientos a 5°C (A) tratamientos a 8°C (B)

El comportamiento de la tasa de respiración (producción de CO₂) del pepino dulce, se puede describir de acuerdo con lo expuesto en el apartado 4.2.1. Además, la temperatura de almacenamiento influye directamente sobre la respiración de la fruta detalla la FAO (2010). Además Aguilar, González, & Gardea (2005), expresan que si los valores de la tasa de respiración se reducen a 3 ml O₂/(kg*h), debido a niveles de O₂ menores al 5% en la atmosfera de conservación, se da lugar a la respiración anaerobia, proceso donde la fruta utiliza los azúcares como sustratos para la obtención de energía y como resultado se produce CO₂, pero en menor cantidad que en la respiración aerobia, conforme lo describe Brody, Zhuang, & Han (2011).

Para el análisis estadístico de la tasa de respiración del pepino dulce (producción de CO₂), se realizó un análisis de varianza no paramétrico, ya que no se logró determinar homogeneidad de varianzas de los datos en análisis. En el análisis estadístico que se muestra en la Tabla 20, se evidencia que si existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Tabla 20. Análisis no paramétrico de la tasa de respiración (producción de CO₂) del pepino dulce

TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
1	3	3.36	0.15	3.38	12.98	0.0236
2	3	4.17	0.58	4.07		
3	3	3.48	0.13	3.53		
4	3	5.04	2.18	5.9		
Testigo 1	3	11.97	0.53	12.16		
Testigo 2	3	6.79	0.62	6.49		

En la Figura 12, se presenta el análisis de pares para los tratamientos y se puede diferenciar 3 rangos de clasificación, de los cuales que el T1 y el Testigo 1 (atmosfera ambiente y temperatura de 5°C) son los únicos tratamientos diferentes, ya que estos presentan la tasa de respiración más baja y alta respectivamente.

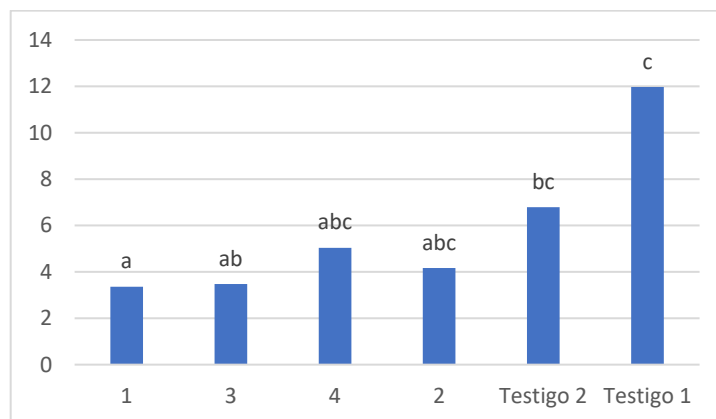


Figura 12. Prueba de pares del ácido ascórbico del pepino dulce

A partir de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se toma como el mejor tratamiento al testigo 2 (atmósfera ambiente y temperatura 8°C) debido a que presentó las mejores características organolépticas, mientras que los tratamientos en los que se aplicó los gases de atmosfera controlada presentaron pardeamiento enzimático y el testigo 1 presentó pardeamiento por daño por frío, como se describe en el apartado 4.3. y 4.4.

4.3. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

En la curva de calibración del método Folin-Ciocalteu realizada para el presente estudio, se obtuvo un coeficiente de correlación de $R^2=0.9971$, mismo que es cercano a 1, lo cual indica que el modelo lineal es adecuado para describir la relación entre absorbancia y concentración.

Los valores de concentración fenólica del pepino dulce presentes en cada tratamiento se muestran en la Figura 13, donde se puede observar que el contenido de polifenoles es más alto en los testigos. Por otro lado, se puede identificar un descenso promedio superior al 25% con respecto al contenido de polifenoles totales de la materia prima.

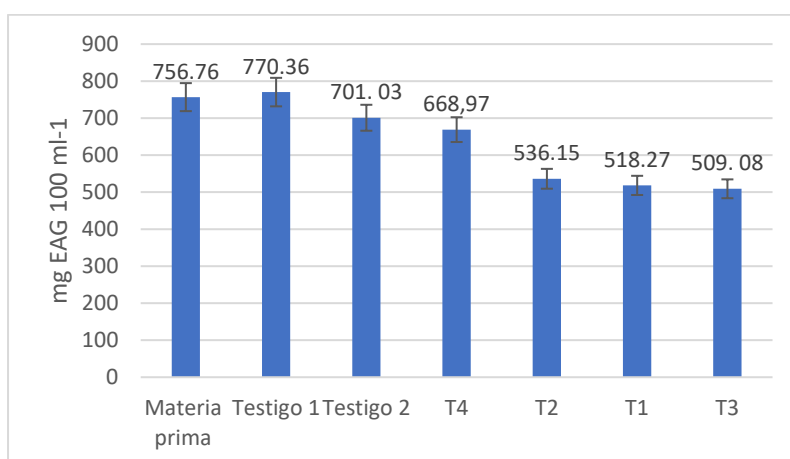


Figura 13. Polifenoles totales del pepino dulce

Un comportamiento similar de la capacidad fenólica del pepino dulce, se evidencia en estudios de conservación realizados en otras frutas que se almacenaron en atmósferas controladas. Alba et al, (2014) estudiaron la conservación de polifenoles totales en la tuna roja (*Opuntia ficus-indica L.*), este compuesto se degradó en los tratamientos con presencia de CO₂, de 65.6 - 57.7 mg EAG 100 ml⁻¹. Mientras que en ausencia de CO₂, el contenido de polifenoles totales mantuvo un valor constante de 65.6 mg EAG 100 ml⁻¹, durante un periodo de almacenamiento de 16 días, a una temperatura de refrigeración de 5°C y atmosfera controlada de 5% O₂ + 95% N₂. Según Macheix, Billot, & Billot (1990) citado por Alba et al. (2014), la degradación de polifenoles durante el almacenamiento es la respuesta al daño mecánico del tejido que provoca la oxidación de los compuestos fenólicos preexistentes en las frutas.

En la Tabla 21, se muestra el análisis de varianza donde se puede observar que hay diferencias significativas entre los tratamientos, testigos, factores e interacción entre factores, mientras que en el contraste testigo 1 y testigo 2 versus tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas. Además, se puede observar que el factor A (concentración de gases), tiene menor incidencia en la conservación de polifenoles totales del pepino dulce, en comparación con el factor B (Temperatura de almacenamiento).

Tabla 21. Análisis de varianza. Polifenoles totales del pepino dulce.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Total	206769.07	17				
Tratamiento	183635.42	5	36727.08	19.05	<0.0001	*
Factor A	11463.02	1	11463.02	9.56	0.0149	*
Factor B	15126.52	1	15126.52	12.61	0.0075	*
Factor A vs Factor B	23702.17	1	23702.17	19.76	0.0022	*
Tes1 y Tes2 vs Resto	126135.23	1	126135.23	65.43	<0.0001	**
Tes1 vs Tes2	7208.49	1	7208.49	3.74	0.0771	*
Error	23133.65	12	1927.80			

Nota: **: Altamente significativo

En la Figura 14, se identificó que el Testigo 1 (atmosfera ambiente y temperatura de 8°C) fue el tratamiento con el mayor contenido de polifenoles totales después un tiempo de almacenamiento de 20 días, bajo el método de conservación de atmósferas controladas.

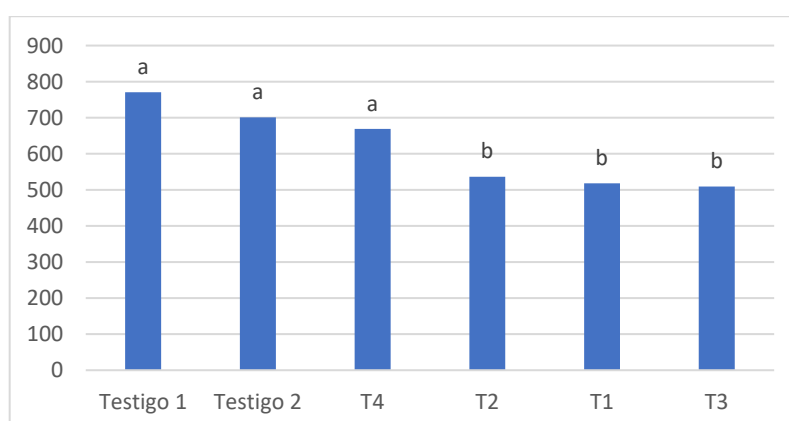


Figura 14. Tukey para polifenoles totales del pepino dulce

Este comportamiento, se debe a las altas concentraciones de dióxido de carbono utilizado en las mezclas de gases para la conservación de la capacidad fenólica del pepino dulce. Si bien las concentraciones altas de CO₂ reduce el crecimiento de microorganismos patógenos en las frutas y hortalizas debido a la disminución de su fase lag, este efecto, según expresa Al-Ali & Hotchkiss (2002), depende de la temperatura y concentración de los gases de la atmósfera de conservación. Cantidades demasiado altas de CO₂ causan daño fisiológico en las frutas, como en el rompimiento de la membrana celular, provocando pérdida de firmeza y oscurecimiento enzimático Sandhya (2010). Además, de acuerdo con Vicente et al. (2017), al romperse la membrana celular, la vacuola se rompe (donde se encuentra

la enzima polifenol oxidasa – PPO) y la PPO queda expuesta permitiendo que degrade los compuestos fenólicos existentes en el fruto.

4.4. CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL PEPINO DULCE

Los resultados promedio obtenidos de la cuantificación de ácido ascórbico, tanto de los tratamientos como de los testigos se muestran en la Figura 15, donde se puede observar un severo descenso del contenido de ácido ascórbico, en el testigo 2 y todos los tratamientos, en comparación a la materia prima. Mientras que el testigo 1 presentó un leve descenso del compuesto antes mencionado.

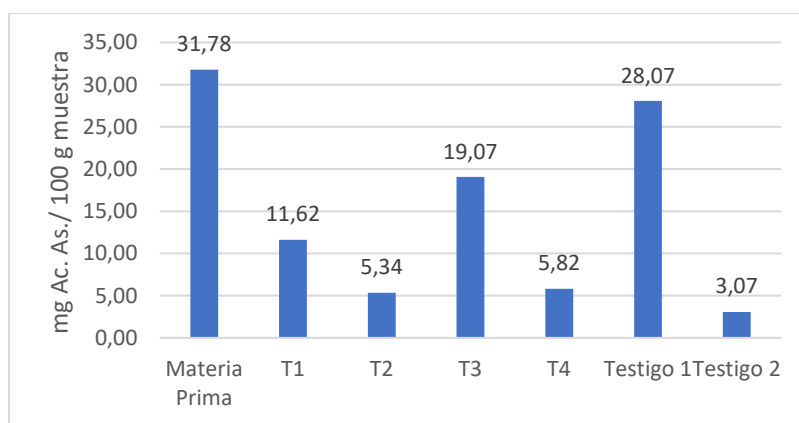


Figura 15. Contenido de ácido ascórbico en el pepino dulce

Para comprender el comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento del pepino dulce bajo el método de atmósferas controladas, se toma como referente a Sandhya (2010), quien explica que cantidades excesivas de CO₂ provoca daño en la membrana celular del alimento ocasionando pérdida de firmeza y genera oscurecimiento enzimático. De acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA) (2015), concentraciones muy altas de dióxido de carbono pueden causar daño fisiológico en frutas, provocando pardeamiento y ablandamiento de la pulpa, además genera manchas marrones bien definidas y parcialmente hundidas, como se muestra en la Figura 16, aquí se muestra el daño fisiológico que se dio en peras (*Pyrus communis*) almacenadas en atmósfera controlada con 3% de CO₂.

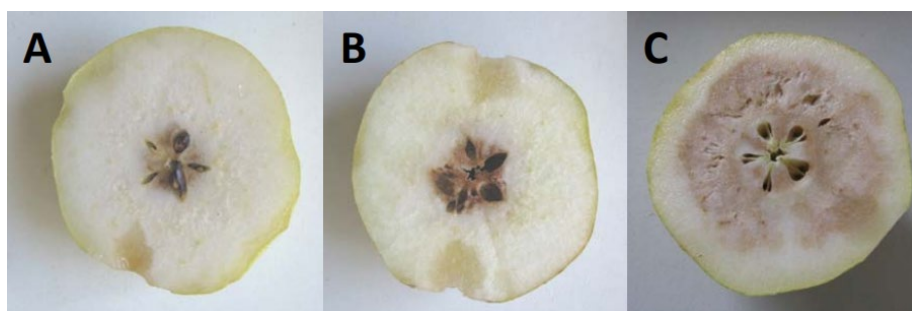


Figura 16. Frutos de peras con daño por CO₂ leve (A) daño moderado (B) y severo (C)

Fuente: INTA (2015)

El mismo efecto causado por altas concentraciones de dióxido de carbono presente en la atmósfera de conservación, observado en peras, se dio en el pepino dulce como se muestra en la Figura 17. El daño fisiológico causado en el pepino dulce se dio a concentraciones tanto de 15 como 17 % de CO₂.



(A)

(B)

Figura 17. Daño severo en pepino dulce por efecto de altas concentraciones de CO₂ durante el almacenamiento. Manchas marrones en la piel (A) Pardeamiento y ablandamiento de la pulpa (B)

Mercado (2000) afirma que una vez liberada la enzima PPO, esta actúa directamente sobre los fenoles oxidándoles y generando orto quinonas, que al reaccionar con grupos amino o asociarse con otros fenoles genera compuestos de color café. Las orto quinonas causantes del oscurecimiento de la pulpa del pepino dulce, pueden ser controladas por el ácido ascórbico como lo expresan Singleton & Cillers (1995), donde el ácido ascórbico reduce las orto quinonas regresándolas a su forma de hidroquinona, esta es nuevamente oxidada por la PPO y, los autores manifiestan que esta es una reacción acoplada con efecto neto, donde el ácido

ascórbico, se oxida en lugar del fenol hasta que el ácido ascórbico se consume en su totalidad.

Para el análisis de comportamiento del ácido ascórbico del pepino dulce, se realizó un análisis de varianza no paramétrico, ya que no se logró determinar homogeneidad de varianzas de los datos en análisis. El análisis estadístico no paramétrico que se muestra en la Tabla 22, muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Tabla 22. Análisis no paramétrico del Ácido Ascórbico del pepino dulce

Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Vitamina C	1	3	11.62	0.77	12.06	16.58	0.0051
Vitamina C	2	3	5.34	0.00	5.34		
Vitamina C	3	3	19.07	0.92	18.76		
Vitamina C	4	3	5.82	0.77	5.37		
Vitamina C	Testigo 1	3	28.07	0.48	28.21		
Vitamina C	Testigo 2	3	3.07	0.76	2.63		

En la Figura 18, se presenta el análisis de pares para los tratamientos, donde se pudo diferenciar 4 grupos y se identificó que el Testigo 1 (atmosfera ambiente y temperatura de 8°C) fue el tratamiento con el mayor contenido ácido ascórbico y el testigo 2 como el tratamiento con la menor presencia del compuesto en estudio, después un tiempo de almacenamiento de 20 días.

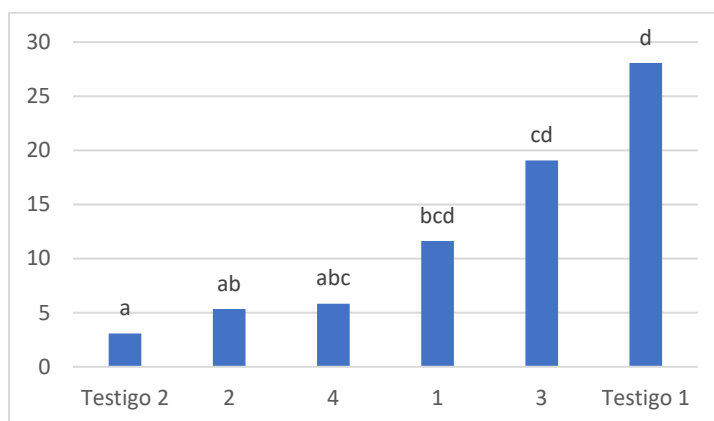


Figura 18. Prueba de pares del ácido ascórbico del pepino dulce

La estabilidad del ácido ascórbico en testigo 1, se debe a que este tratamiento no estuvo expuesto a concentraciones altas de dióxido de carbono y, con esto se evitó el pardeamiento enzimático, ya que no hubo contacto de la PPO con los polifenoles. Mientras que la degradación del ácido ascórbico del testigo 2, se debe al daño por frío que sufrió el pepino dulce, un comportamiento similar se identificó en piña (*Ananas cumosus*). El rango óptimo de temperatura de refrigeración, recomendado para la piña es de 7.5 a 12 °C y humedad relativa entre 70 a 95% por un tiempo máximo de 4 semanas, superado este punto la piña puede sufrir daños por frío de acuerdo con el reporte de Montenegro & Cerdas (2005) además detallan que la piña puede sufrir daño por frío a temperaturas menores a 7°C causando oscurecimiento interno de la pulpa y apariencia acuosa. De igual manera Kader (2014) del PostHarvest Center de la Universidad de California detalla que el rango óptimo de temperatura de conservación es de 7.5 a 10 °C a una humedad relativa de 90 a 95% por un tiempo máximo de 6 semanas, de igual manera explican que a temperaturas menores de 7.5 °C por mas de 2 semanas presenta picado o punteado y pardeamiento de la piel y pulpa el cual inicia desde el centro de la fruta.

El daño por frío ocasiona degradación fisiológica en las células del pepino, ocasionando pardeamiento de la pulpa, causado por el contacto de la enzima PPO con polifenoles, dando origen a orto quinonas las mismas que son neutralizadas por el ácido ascórbico en un ciclo continuo hasta el agotamiento de la vitamina C.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez concluida la fase experimental se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los análisis fisicoquímicos del pepino dulce demostraron que, el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico no disminuyeron a causa de la maduración.
- La refrigeración convencional no es suficiente para controlar la tasa de respiración del pepino dulce ya que es necesario un mayor conocimiento de la fisiología y bioquímica de la maduración, senescencia en la postcosecha e influencia de la temperatura, HR y uso controlado de los gases utilizados en la atmósfera de almacenamiento.
- La degradación de la capacidad fenólica y concentración de ácido ascórbico en los tratamientos y en el testigo 2 se debe al daño fisiológico causado por las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera de conservación como al daño por frío causado por las bajas temperaturas de refrigeración.
- El método más eficiente en cuanto a conservación de propiedades funcionales del pepino dulce es la conservación en atmósfera ambiente a temperatura de 5°C.
- Se acepta la hipótesis nula ya que la modificación de la atmósfera de conservación del pepino dulce no influyó en el contenido de fenoles totales y ácido ascórbico durante el almacenamiento.

5.2. Recomendaciones

Finalmente se presentaron las recomendaciones siguientes:

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar el estudio de polifenoles totales y ácido ascórbico en el pepino dulce a concentraciones bajas de CO₂ o en ausencia de este gas en atmósferas controladas, con el fin de evitar daño fisiológico en el pepino dulce.

- Utilizar otros métodos de cuantificación de polifenoles totales como el método de Price y Butler o por HPLC para ácido ascórbico
- Realizar un análisis organoléptico del pepino dulce almacenado bajo el método de atmósferas controladas, mediante un panel para verificar la aceptación del consumidor.

BIBLIOGRAFÍA

- (SENC), S. E. (20 de 12 de 2019). *www.nutricioncomunitaria.org*. Obtenido de *www.nutricioncomunitaria.org*:
<http://www.nutricioncomunitaria.org/es/noticia/piramide-de-la-alimentacion-saludable-senc-2015>
- Aguilar, González, & Gardea. (2005). *Nuevas Tecnologías de Coservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. Guadalajara: ISBN.
- Ahumada, M., & Cantwell, M. (1995). Postharvest studies on pepino dulce (*Solanum muricatum*): maturity at harvest and storage behavior. *Postharvest Biology and Technology*, 129 - 136.
- Al-Alti, T., & Hotchkiss, H. (2002). Application of packaging and modified atmosphere to fresh - cut fruits and vegetables. *Lamikanra*, 305 - 338.
- Alba, J., Chávez, J., Guzmán, I., Martínez, J., & Aquino, E. (2014). Betalains, polyphenols and antioxidant activity in minimally processed red prickly pear stored in controlled atmospheres. *Scielo*, 222-226.
- Angós, I., Vírveda, P., & Fernández, T. (20 de Octubre de 2007). Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest biology and technology*. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.10.019
- Angós, I., Viseda, P., & Fernández, T. (2007). Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by mean of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Science Direct*, 422-430.
- Arias, M. (2009). *Caracterización físico-químico y sensorial de nabiza y grelo (Brassica rapa l.)*. Galicia, España: USC Universidad de Santiago Compostella.
- Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología*, 61-85.

- Ávila, J., Moreno, P., Fischer, G., & Miranda, D. (2008). Influence of fruit maturity and calyx drying on cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), stored at 18°C. *Acta Agronomica*, 29-38.
- BBC Mundo. (6 de Junio de 2015). *BBC Mundo*. Obtenido de BBC Mundo: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150604_salud_alimentos_vitamina_c_finde_vs#
- Berger, H., Drouilly, D., Lizanal, A., & Gallett, L. (2006). ATMÓSFERA MODIFICADA EN FRUTO DE PEPINO DULCE. *Idesia*, 35-40.
- Brody, A., Zhuang, H., & Han, J. (2011). *Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. Estados Unidos: ISBN.
- Chicaiza, P. (2018). *Evaluación del efecto de la aplicación de atmósferas modificadas en la composición de los compuestos bioactivos del tomate de árbol (Solanum betaceum cav.) variedad mora ecuatoriana*. Ambato.
- Chonhenchob, V., Chantarasomboon, Y., & Sing, S. (2007). Quality changes of treated fresh - cut tropical fruits in rigid modified atmosphere packaging containers. *Packaging Technology and Science*, 27 - 37.
- Cortés, M. R., Herrera, E. H., & Rodríguez, E. S. (2015). Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Revista de la facultad de ciencias farmaceuticas y alimentarias*, 47-56.
- ECURED. (24 de 05 de 2018). *ECURED*. Obtenido de ECURED: <https://www.ecured.cu/Brix>
- FAO. (2010). *FAO.ORG*. Obtenido de *FAO.ORG*: <http://www.fao.org/3/x5055s/x5055s02.htm>
- Galiceo, G., & Haro, C. (2012). *Bebidas Fermentadas en Base a "Maíz Negro" Zea mays L. poaceae; con el Eco Tipo "Racimo de Uva" y la Variedad "Mishca" de la Serranía Ecuatoriana*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

- Galletti, L., Berger, H., Drouilly, D., & Lizana, A. (2006). Atmosfera modificada en fruto de pepino dulce (*Solanum miricatum* Ait). *IDESIA*, 35 - 40.
- García, O. (06 de 03 de 2012). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/357431041/2012-03-06-AntioxidantesSaludAlimentosFuncionales-pdf>
- Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición*. Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- Greenfield, H., & Southgate, D. (2003). *Datos de composición de alimentos*. Roma: FAO.
- Grupo Corporativo Cajamar. (Septiembre de 2014). *Grupo Corporativo Cajamar*. Obtenido de Grupo Corporativo Cajamar: <https://www.grupocooperativocajamar.es/recursos-entidades/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/formacion/materiales-y-documentos/005-calidad-interna-1410512030.pdf>.
- Grupo Tollupol. (30 de Agosto de 2013). *Grupo Tollupol*. Obtenido de Grupo Tollupol: <http://www.tollupol.es/pepino-dulce/>
- Gutiérrez, D., Ortiz, A., & Mendoza, A. (24 de Octubre de 2008). *Centro Nacional de Meteorología (CENAM)*. Obtenido de Centro Nacional de Meteorología (CENAM): https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf
- Henshall, J. (2012). Food Safety and Standards Authority of India Ministry of Health and Family Welfare Government of India New Delhi. *Manual of Methods of Analisis of Foods Fruit and Vegetables Products*, <https://doi.org/10.1079/PNS19730004>.
- Hernández, M. (2013). *Validación de métodos y estimación de la incertidumbre de medida conforme a la norma ISO/IEC 17025*. España: Universidad de Valladolid.
- Herráez, M. (2008). *Principio de los procesos químicos*. Barcelona: REVERTÉ, S.A.

- Herraiz, F., Villaño, D., Plazas, M., Vilanova, S., Ferreres, F., Prohens, J., & Moreno, D. (16 de 03 de 2016). *MPDI*. Obtenido de MPDI: <http://www.mdpi.com/1422-0067/17/3/394/htm>
- Huyskens, K., Prono, W., Lüdders, P., & Schreiner, M. (2006). Postharvest quality of pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit in controlled atmosphere storage. *Journal of Food Engineering*, 628 - 634.
- Infoagro. (6 de 05 de 2018). Obtenido de Infoagro: http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino_dulce.htm
- Infoagro. (s.f.). *Infoagro*. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de Infoagro: http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino_dulce.htm
- Instituto de Nutrición de Centro de América y Panamá (INCAP). (2007). *Tabla de Composición de los Alimentos*. Guatemala: Seriprensa S.A.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, (INIAP). (2003). *Diversidad de frutales nativos comestibles caricaceae - solanaceae, fenología, usos y recolección de germoplasma en el sur del Ecuador*. Cuenca.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). www.serviciometeorologico.gob.ec. Obtenido de www.serviciometeorologico.gob.ec: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2015). *INTA*. Obtenido de INTA: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_boletin-de-madurez_no15_temporada-2014-2015.pdf
- INTAGRI. (2017). *Intagri*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/poscosecha-comercializacion/atmosferas-controladas-y-modificadas-en-postcosecha>
- Kader, A. (2002). Modified atmospheres during transport and storage. *Postharvest technology of horticultural crops*, 135 - 144.

- Kader, A. (2014). *Postharvest Center*. Obtenido de Postharvest Center: http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_Spanish/?uid=45&ds=802#
- Kader, A., & Zaldivar, C. (2011). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. California.
- Khan Academy*. (2019). Obtenido de Khan Academy: <https://es.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation/pyruvate-oxidation-and-the-citric-acid-cycle/a/the-citric-acid-cycle>
- Kola, O. (2010). Physical and chemical characteristics of the ripe pepino (*Solanum muricatum*) fruit grown in Turkey. *ResearchGate*, 168-171.
- Laboratorio de Salud Pública del Meta. (14 de 10 de 2015). *El Meta*. Obtenido de El Meta: <https://www.meta.gov.co/web/sites/default/files/adjuntos/P-SA-85%20GUIA%20PARA%20LA%20VALIDACION%20DE%20METODOS%20DE%20ENSAYO%20V1.pdf>
- Leon, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. San José: IICA.
- LIDERES. (17 de Agosto de 2012). *Revista Lideres*. Obtenido de Revista Lideres: <http://www.revistalideres.ec/lideres/pepino-dulce-cultiva-calor-valles.html>
- LOPEZ, Á. (s.f.). *manual para la preparacion y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado*. Balcarce.
- López, A., & (FAO), F. A. (2003). *Manual para la preparación y vendta de frutas y hortalizas*. Balcarce: FAO.
- Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D., & Páramo, S. (2003). *Postcosecha y mercadeo de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible*. Bogotá: PRONATTA.
- Méndez, G. (2018). *Nutrición*. Ministerio de Educación.

- Mercado, E. (2000). *AGROSAVIA*. Obtenido de AGROSAVIA: <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34962/66984.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Cultura y Patrimonio. (01 de Agosto de 2016). *Ministerio de Cultura y Patrimonio*. Obtenido de Ministerio de Cultura y Patrimonio: http://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Pepino_dulce
- Montenegro, M., & Cerdas, M. (2005). *GUIAS TÉCNICAS DEL MANEJO POSCOSECHA DE LA PIÑA EN EL MERCADO FRESCO*. San José: Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.
- Najarro, J., Tinoco, O., & Huari, F. (2016). Simulación de la actividad respiratoria en pos-cosecha de plátano (*Musa cavendishii*) bajo atmósfera modificada para mejora del tiempo de almacenamiento. *Industrial Data*, 96-103.
- Navarro, J., Tinoco, O., & Huari, F. (2016). Simulación de la actividad respiratoria en pos-cosecha de plátano (*Musa cavendishii*) bajo atmósfera modificada para mejora del tiempo de almacenamiento. *Revista Industrial DATA*, 96 - 103.
- Nuez, F., & Ruiz, J. (1996). *El pepino dulce y su cultivo*. Roma: FAO.
- Pharmacopeia, U. S. (2005). United States Pharmacopeial Convention USP XXII. (págs. 1225,1710). Mack Printing.
- Pinto, E. (2013). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa de producción y comercialización de néctar de pepino dulce en el cantón Pimampiro provincia de Imbabura*. Ibarra.
- Pro Ecuador. (04 de Abril de 2018). *Pro Ecuador*. Obtenido de Pro Ecuador: <https://www.proecuador.gob.ec/frutas-exoticas-ecuatorianas-llegan-al-mercado-ruso/>
- Pública, M. d. (2014). *Bibliotecapromoción.msp.gob.ec*. Obtenido de Bibliotecapromoción.msp.gob.ec:

<https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH164a.dir/doc.pdf>

Sanchez, M., Cámara, M., Prohens, J., Ruiz, J., Torija, E., & Nuez, F. (2000). Variation in carbohydrate content during ripening in two clones of pepino. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1985 - 1991.

Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging or fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology*, 381 - 392.

Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging or fresh producer: Current status and future needs. *Food Science and Technology*, 381-392.

SEMINARIO, J. (2004). *Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación*. Lima.

Servicio Ecuatoriano de Acreditación. (02 de 2017). *Acreditación.gob.ec*. Obtenido de *Acreditación.gob.ec*: <https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2017/02/VALIDACION-DE-METODOS.pdf>

Singleton, V., & Cillers, J. (1995). *Semantic Scholar*. Obtenido de Semantic Scholar: <https://www.semanticscholar.org/paper/Phenolic-Browning%3A-A-Perspective-from-Grape-and-Singleton-Cillers/1472580c33320987badc096c9c4dcd61c3882192>

Solis, G. (2015). *Evolución de los parámetros de calidad en frutos de pepino dulce (Solanum muricatum) durante las fases de crecimiento, maduración y post cosecha*. Valencia, España.

Tejerina, M. (2015). *UF1909 - Toma de muestras de contaminantes atmosféricos*. Ibarra: Elearning, S.L.

Torres, A., & Camacho, M. (1992). Validation of two analytical methods applied to two new cytostatic drugs. *Pharma Practique*, 93-9.

Universidad Católica de Chile. (30 de 04 de 2018). *Universidad Católica de Chile*. Obtenido de Universidad Católica de Chile: http://www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/manual_poscosecha/archiv/prodc14.html

- Vicente, A., Concellón, A., Viña, S., Lemoine, M., Rodoni, L., Zaro, M., . . . Ortiz, C. (2017). *Repositorio Institucional de la UNLP*. Obtenido de Repositorio Institucional de la UNLP: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/72815/Resumen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vuarant, C. (2010). *Arádanos: Avances científicos y tecnológicos en la región de Salto Grande*. Concordia.
- Wang, C. Y., & Qi, L. (1997). Modified atmospher packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *ELSEVIER*, 195-200.
- Yildiz, G., ÜNAL, H., & Uylaser, V. (2014). Physical and chiminal characteristics of goldernberry fruit (*ohysalis peruviana* l.). *Journal os food scence and technology*, 2320-2327. doi:<https://doi.org/10.1007/s131970,14-1280-3>.
- Yúfera, E. (1996). *Química orgánica básica y aplicada: de la molélcula a la industria*. Barcelona: REVERTÉ S.A.

6. ANEXOS

6.1. ANEXO 1: MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL PEPINO DULCE

Los métodos que se usaron para la caracterización físicoquímica del pepino dulce, se describen de a continuación.

6.1.1. PESO

Los frutos, se lavaron previamente con agua destilada y secados a temperatura ambiente, luego se seleccionaron 10 frutos que no presente daños físicos, químicos o biológicos para determinar su masa mediante una balanza analítica y se determinara el peso promedio de la fruta.

6.1.2. DETERMINACIÓN DE pH

La determinación del potencial hidrógeno – pH del zumo de pepino dulce se realizó mediante el método 981.12 AOAC (2005) descrito por Arias (2009), este método se basa en la medida potencial eléctrico creado en la membrana del electrodo de vidrio, que es función de la actividad de los iones hidrógeno a ambos lados de la membrana, usando un medidor automático de pH con patrones primarios de pH.

Para medir el pH se debe calibrar el medidor de pH con las dos soluciones tampón de pH 4.01 y pH 7.00. Luego, se pesaron 5g de muestra en un vaso de precipitación y se mezclan con 25 ml de agua destilada hasta obtener una solución uniforme. A continuación, se sumerge el electrodo del medidor de pH en la misma y se realiza la solución.

6.1.3. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRUX)

La determinación del contenido de solidos solubles del pepino dulce, se realizó siguiendo el método 932.12 AOAC (1998) descrito por Galiceo & Haro (2012).

La determinación del contenido de sólidos solubles, se realizó colocando un par de gotas del zumo en el refractómetro con graduación de 0 a 32 ° Brix. El refractómetro se debe colocar frente a una fuente de luz para realizar la lectura sobre la escala

ocular, en el punto de intersección de las zonas clara y oscura, luego de cada medida el prisma se limpió con algodón y agua destilada.

6.1.4. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE

La acidez titulable se determinó por triplicado por el método 942.15 AOAC (2005) descrito por Arias (2009), donde la acidez titulable se determina mediante titulación de la muestra con NaOH, expresándose el resultado en porcentaje de ácido cítrico.

Para determinar el porcentaje de acidez del pepino dulce, se debe pesar 5 ml de muestra en un vaso de precipitación y se mezclan con 50 ml de agua destilada hasta obtener una mezcla uniforme, luego se añaden 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador posteriormente se procederá a la titulación con hidróxido de sodio 0.1 N, hasta le cambio de color a color rosa. Para determinar la acidez total se aplicó la Ecuación (1).

$$\text{Acidez Total (\% de ácido cítrico)} = \frac{fa * N * V * F}{Vo} * 100 \quad (1)$$

Donde:

fa: factor del ácido predominante (Ácido cítrico= 0.064)

N: normalidad del NaOH

V: ml de NaOH consumidos en la valoración

f: factor del NaOH (0.9775)

Vo: Volumen inicial de la muestra

6.2. AXEXO 2: EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DEL PEPINO DULCE.

6.2.1. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN

La evaluación de la respiración del pepino dulce, se realizó por triplicado durante un tiempo de almacenamiento de 20 días bajo el método de atmósferas controladas, siguiendo la metodología descrita por Angós, Vírseda, & Fernández (2007) el cual consiste en realizar las mediciones por triplicado cada 4 días (días 0–4–8–12–16–20) durante todo el tiempo de almacenamiento, con un esquema de trabajo como el que se muestra en la Figura 3. La atmosfera controlada se homogeniza en el frasco antes de la medición inicial, luego se suspende la circulación de aire durante 8 horas para realizar la medición final, este tiempo es el óptimo para determinar los niveles de O₂ y CO₂ en las condiciones experimentales empleadas. La tasa de respiración para el consumo de O₂ y producción de CO₂ se expresará en ml/ (kg*h).

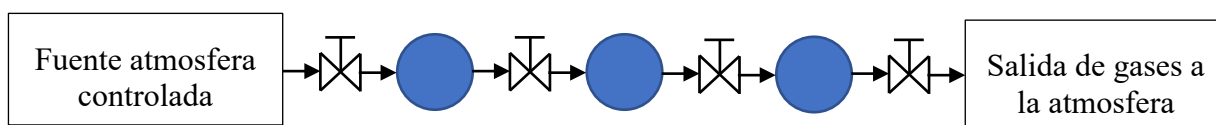


Figura 19. Esquema empleado en la determinación no destructiva de la tasa de respiración.

Donde:

 : Válvula CKD 2QV-04-04

 : Unidad Experimental

 : Tubos de teflón de 4mm OD

Para realizar la medición de la tasa de respiración del pepino dulce, se debe dejar un espacio de cabeza o volumen libre de mínimo 15 a 20 % del volumen total del frasco. Para determinar el espacio de cabeza, se determinó el volumen total del frasco, el volumen ocupado por los pepinos y la diferencia entre estos dos

volúmenes dio como resultado el volumen libre o espacio de cabeza, si este es menor al 15 %, se debe reducir la cantidad de unidad experimental que se dispone a utilizar durante la investigación.

El volumen total del frasco, se determinó añadiendo agua en el frasco hasta que este se llene completamente y luego se medirá el volumen de agua total que se puso en el frasco, y este valor será el volumen total del frasco.

Para calcular el volumen que ocupó la fruta en el frasco primero se determinó la densidad del pepino dulce, para esto se siguió la siguiente metodología. Primero se pesó un pepino dulce, luego en un recipiente de volumen conocido previamente lleno con agua se sumergió el fruto y se midió la cantidad de volumen desplazado, con estos dos datos se procedió a calcular la densidad del pepino dulce mediante la ecuación 2. Este proceso se lo realizó por triplicado y se determinó la densidad media del pepino dulce como se muestra en la Figura 4.

$$\text{Densidad } (\rho) = \frac{m}{Vd} \quad (2)$$

Donde:

m: masa de la fruta

Vd: volumen desplazado por el pepino dulce

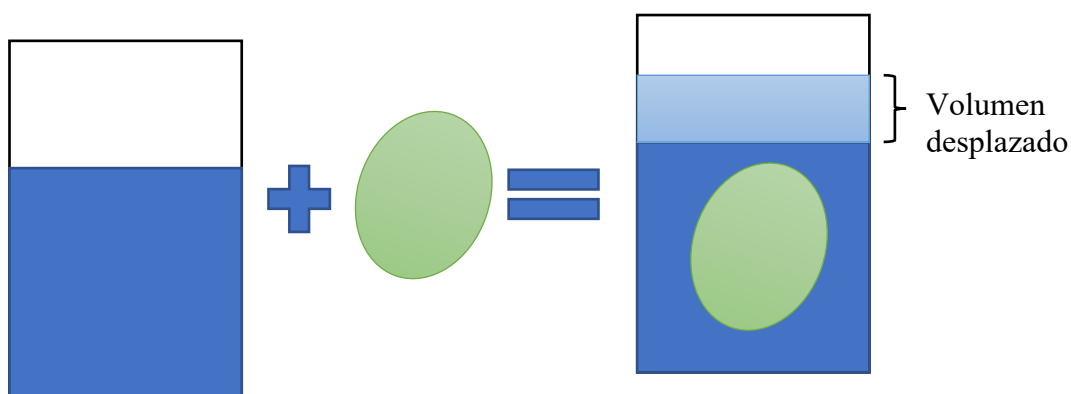


Figura 20: Determinación del volumen desplazado por el pepino dulce el frasco de vidrio

Para el cálculo del volumen de las siguientes unidades experimentales, se determinó la masa de los frutos que se introducirán en el frasco de vidrio y con la densidad del

pepino dulce, se calculó el volumen de cada unidad experimental mediante la ecuación 3.

$$\text{Volumen desplazado (Vf)} = \frac{m}{\rho} \quad (3)$$

El volumen libre del frasco o espacio de cabeza (Vl) del frasco, se determinó mediante la ecuación 4, restando el volumen total del frasco menos el volumen que ocupa la fruta.

$$\text{Volumen libre (Vl)} = Vt - Vf \quad (2)$$

Donde

Vt: Volumen total del recipiente

Vf: Volumen total del fruto

Los cambios en la concentración de O₂ y CO₂, se medirán cada 3 días y los datos obtenidos se usaron para determinar la tasa de respiración del pepino dulce mediante las ecuaciones 4 y 5. Los resultados obtenidos se expresaron en ml de O₂/kg.h y ml de CO₂/kg.h respectivamente.

$$R_{O_2} = \frac{(Y_{O_2}^{ti} - Y_{O_2}^{tf}) * Vl}{100 * m * (tf - ti)} \quad (7)$$

$$R_{CO_2} = \frac{(Y_{CO_2}^{ti} - Y_{CO_2}^{tf}) * Vl}{100 * m * (tf - ti)} \quad (8)$$

Donde:

R: tasa de respiración (consumo / producción), expresados en $m^3 kg^{-1} s^{-1}$

O₂: Oxígeno

CO₂: Dióxido de carbono

Y: concentración volumétrica, expresado en %, V/V

ti: tiempo inicial

tf: tiempo final

M: masa del producto en *kg*

VI: volumen libre en *mm*

Los datos de tasa de respiración, se graficaron en un diagrama de Tasa de respiración en función del tiempo (20 días), una vez graficados los datos, se trazó una curva y con ella se determinó si existe una relación significativa de reducción de la tasa de respiración del pepino dulce bajo el método de almacenamiento de atmósferas controladas.

6.2.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO

El método AOAC 967.21- 1968 descrito por Henshall (2012) fue el método usado para la determinación del contenido de ácido ascórbico en el pepino dulce. Este método incluye titulación redox con el colorante 2,6-dichloroindophenol, durante el cual, la oxidación del ácido ascórbico va acompañada con reducción del indicador a su forma incolora.

6.2.2.1. Preparación del extracto

La preparación del extracto, se realizó por triplicado en cada tratamiento para esto se trituro el pepino dulce en morteros de porcelana, luego se pesó 5 gramos de muestra en la balanza analítica y se adiciono 10 ml de solución de extracción previamente preparada con ácido metafosfórico y ácido acético. La solución se agito magnéticamente durante 30 minutos, luego se filtró y aforo con la solución de extracción en balones volumétricos de 50 ml.

6.2.2.2. Cuantificación del ácido ascórbico

La cuantificación del contenido de ácido ascórbico presente en la fruta, se realizó mediante titulación con una micro bureta de 2 ml. Previamente se tituló la solución estándar de Ácido Ascórbico (grado analítico) y el blanco de extracción: luego se cuantifico el contenido de ácido ascórbico en 2 ml de extracto del fruto de pepino dulce fresco, mediante la titulación con 2,6-dichloroindophenol hasta el cambio de color a rosa y este persista durante 15 segundos. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico por 100 g de fruta fresca mediante la Ecuación (2):

$$\text{mg Ácido ascórbico} = (X - B) * \left(\frac{F}{E}\right) * \left(\frac{V}{Y}\right) \quad (2)$$

Donde:

X: ml de 2,6-dichloroindophenol gastados en la titulación de la muestra

B: ml de 2,6 dichloroindophenol gastados en la titulación del blanco

F: mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de solución de 2,6-dichloroindophenol

E: peso de la muestra

V: volumen inicial de la solución ensayada

Y: volumen de la muestra tomada para el ensayo.

La degradación de ácido ascórbico, se determinó mediante la Ecuación (3) de Arrhenius con el modelo de regresión lineal.

$$k = \frac{[\ln (\frac{A}{A_0})]}{t} \quad (3)$$

Donde

k: velocidad de degradación

A: concentración final del compuesto

A₀: concentración inicial del compuesto

t: tiempo de almacenamiento.

6.2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES

En la determinación del contenido de polifenoles totales del pepino dulce, se utilizó el método Folin-Ciocalteu descrito por Yildiz, Ünal, & Uylaser (2014). Este método consta de varios pasos, antes de realizar la cuantificación del contenido fenoles totales.

6.2.3.1.Preparación de la muestra

El pepino dulce primero se liofilizo en bandejas de aluminio, con el fin de conservar las propiedades funcionales del pepino dulce lo mejor posible según lo manifiestan Cortés, Herrera, & Rodríguez (2015). Además, expresan que la liofilización de la muestra se debe realizar en dos pasos, primero se debe congelar la muestra a una temperatura de -20°C y un posterior secado por sublimación directa del hielo en condiciones de presión reducida o vacío y, una vez la muestra liofilizada se molió hasta lograr un polvo homogéneo, el cual ser almaceno en bolsas de papel Kraft para evitar que la muestra liofilizada adquiera humedad nuevamente.

6.2.3.2.Preparación del extracto

La muestra liofilizada de pepino dulce, se pesó en papel de pesaje por triplicado y se obtuvo un valor promedio. La muestra se colocó en un vaso de precipitación de 50 ml forrado con papel aluminio y se adiciono el agente extractor en este caso fue metanol. Esta mezcla se agito en una plancha de agitación magnética durante 15 minutos, luego se almaceno a 2°C durante 1 hora con 45 minutos, después se centrifugo y filtró en papel Watman N°4 hasta obtener el Extracto.

6.2.3.3.Cuantificación del contenido de fenoles totales

Previo a la cuantificación, se preparó la curva de calibración con ácido gálico en concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 ppm, si el contenido de fenoles totales es superior se debe extender el rango de la curva de calibración. Para la medición del extracto de pepino dulce se preparó la muestra a partir de 0.25 ml de extracto, al cual se le adiciono 2.3 ml de agua destilada, luego 0.15 ml de Folin-Ciocalteu 1N y se mezcló durante 15 segundos en un vortex, después de cinco minutos de incubación se adiciono 0.6 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 19%, se agito la mezcla 10 segundos y se incubo durante noventa minutos en la oscuridad a temperatura ambiente. La lectura de la absorbancia se realizó a 760 nanómetros en el Espectrofotómetro, se usó metanol para la calibración del equipo. Las muestras se analizaron por triplicado y los resultados se reportaron como miligramos de Ácido Gálico equivalente (GAE) en 100 gramos de peso seco (PS).

6.2.3.4. Adaptación del método para análisis de polifenoles totales

Para el análisis de polifenoles totales, se procedió a la extracción del analito del pepino dulce, utilizando la metodología descrita en el capítulo 3. La cuantificación se realizó por reacción de color con el reactivo de Folin-Ciocalteu, sobre una curva de calibración realizada con un set de estándares de ácido gálico.

a) Linealidad

Para determinar la linealidad del método, se realizó una curva de calibración con ácido gálico, en concentraciones de 0, 20, 40, 60, 80, y 100 ppm, las mediciones se realizaron por triplicado, por tres días diferentes. A continuación, se realizó el estudio de regresión lineal y se determinó una curva de calibración promedio del método como se muestra en la Figura.

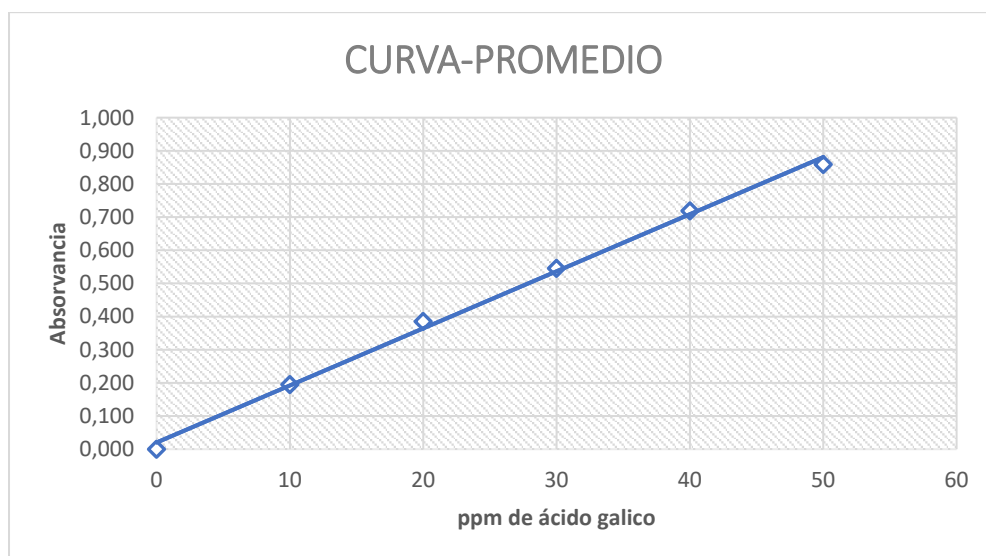


Figura 21: Curva de calibración promedio para la cuantificación de polifenoles totales

La curva de calibración promedio presentó un coeficiente de determinación (R^2) para el ajuste lineal de 0,9971. Este valor muestra la existencia de una correlación lineal significativa entre la absorbancia medida por el equipo y la concentración de ácido gálico de acuerdo a lo expuesto por Chicaiza (2018).

b) Precisión

La precisión del método, se realizó con el análisis de una muestra liofilizada de pulpa de pepino dulce con 6 repeticiones, siguiendo el método

de polifenoles totales, estableciéndose la desviación estándar y el coeficiente de variación del método. Los resultados del estudio de precisión del método para análisis de polifenoles totales en muestra liofilizada de pulpa de pepino dulce en promedio fue de 706.5 mg/100 g de ms, Des. Estándar 3.18; Coef. Variación (%) 0,45. A partir de los resultados obtenidos, se determinó que el coeficiente de variación obtenido en el ensayo de repetitividad fue de 3,18 %, error que se encuentra dentro del límite permitido para la concentración medida (mg/100 g) de acuerdo a lo establecido por la ecuación de Horwitz (8 %) (Orozco y Báez, 2010), estableciendo que el método tuvo la precisión adecuada para realizar el análisis.

c) Exactitud

Para el análisis de la exactitud como porcentaje de recuperación, se determinó el número de ciclos de extracción necesarios para la obtención del 100 % de rendimiento de extracción de polifenoles, utilizando como solvente de extracción metanol, del ensayo de recuperación de los polifenoles totales en muestra de pulpa liofilizada de pepino dulce se estableció la necesidad de llevar a cabo 5 ciclos de extracción de 10 minutos para obtener el 87.7% % de recuperación de los polifenoles presentes en la pulpa. Con estos resultados se determinó que el método fue robusto, puesto que presentó una exactitud y precisión adecuada para el nivel de concentración que se quiso determinar.