

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ARÁNDANO *Vaccinium
corymbosum* EN TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN COMBINADAS
(DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS)”.**

Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroindustrial

Autor: Maldonado Iguamba Antonio Fabricio

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

Ibarra-Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

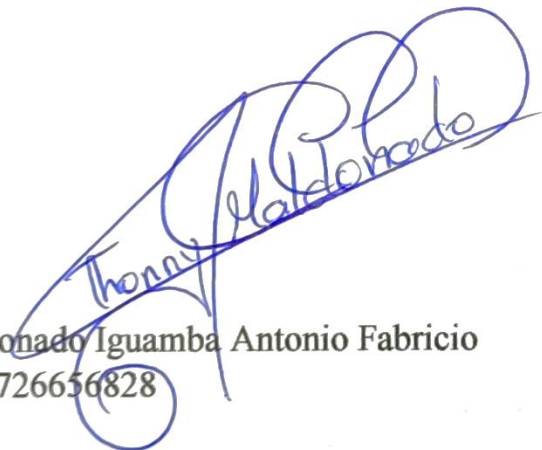
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726656828
APELLIDOS Y NOMBRES:	Maldonado Iguamba Antonio Fabricio
DIRECCIÓN:	Cayambe, Sucre 515 y Terán
E-MAIL:	afmaldonadoi@utn.edu.ec
TELEFONO:	0996351860
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de la capacidad antioxidante y características fisicoquímicas del arándano <i>Vaccinium corymbosum</i> en tecnologías de conservación combinadas (deshidratación osmótica y atmósferas modificadas).
AUTOR:	Maldonado Iguamba Antonio Fabricio
FECHA:	06 de octubre del 2022
PROGRAMA:	X <input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
DIRECTOR	Ing. Juan Carlos De La Vega, MSc.

CONSTANCIA

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

Ibarra, 06 de octubre del 2022

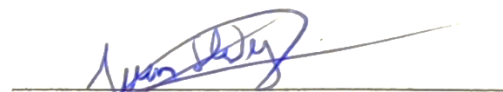
AUTOR



Maldonado Iguamba Antonio Fabricio
CI: 1726656828

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Maldonado Iguamba Antonio Fabricio, con cédula de ciudadanía 1726656828, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos de la Vega', is written over a horizontal line.

Ing. Juan Carlos de la Vega, MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre Perla Iguamba y al Reverendo Padre Roberto Neppas por su sacrificio, trabajo, tiempo, comprensión y paciencia en todos estos años, gracias a ello he logrado cumplir una de mis metas. Con su apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional. Es un orgullo y privilegio ser su hijo.

Antonio M.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, además de ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a cada uno de los docentes de la Carrera de Agroindustrias, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al tutor de mi proyecto de investigación Ing. Juan Carlos De la Vega y a mis asesores Ing. Marco Lara y Bioq. Valeria Olmedo, quienes me han guiado con su paciencia y su rectitud como docentes.

De igual manera agradecer a Jesica, Cristina, Dayana, Zamira, Xavier y Roberth que han estado brindándome palabras de aliento para culminar con mis estudios y han sido siempre un apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Antonio M.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	III
CAPITULO I	1
1.1.....Problema	1
1.2..... Justificación	2
1.3.....Objetivos	3
1.4..... Hipótesis	4
CAPITULO II	5
2.1.....Arándano	5
2.1.1..... Valor Nutritivo	5
2.1.2..... Variedades	6
2.1.3..... Características Físicoquímicas	6
2.1.4..... Índice de madurez	7
2.2..... Características Funcionales	8
2.3..... Capacidad Antioxidante	9
2.3.1..... Métodos Utilizados para la Medición de Capacidad Antioxidante	10
2.3.2..... Espectrofotometría	10
2.4..... Técnicas de Conservación de Alimentos	11
2.4.1..... Atmósferas Modificadas (AM)	12
2.4.2..... Deshidratación Osmótica	13
CAPITULO III	15
3.1..... Caracterización del área de estudio	15

3.2.....	Materiales y equipos	15
3.3.....	Metodología	16
3.3.1.....	Caracterización Al Arándano Mediante Análisis Físicoquímicos (Sólidos Solubles, Acidez, Ph, Color), Funcionales (Vitamina C Y Capacidad Antioxidante) Antes De La Aplicación De Deshidratación Osmótica Y Atmosferas Modificadas.	16
3.3.2.....	Determinación De Las Características Físicas (Humedad), Físicoquímicas (Sólidos Solubles, Acidez, Índice De Madurez, Color) Y Funcionales (Vitamina C Y Capacidad Antioxidante) Al Arándano Luego De La Aplicación De Deshidratación Osmótica.	17
3.3.3.....	Evaluación La Variación De Capacidad Antioxidante Y Vitamina C A Lo Largo De Su Almacenamiento Con Atmosferas Modificadas.	17
3.3.4.....	Analizar Los Cambios Físicoquímicos (Índice De Madurez, Sólidos Solubles, Acidez Titulable, Color) Y Funcionales (Capacidad Antioxidante Y Vitamina C) Que Sufre El Arándano Dentro Del Empaque En Atmosferas Modificadas Después Del Almacenamiento.	19
3.4.....	Manejo Específico Del Experimento	21
3.4.1.....	Descripción	21
CAPITULO IV		23
4.1...Caracterización al Arándano Mediante Análisis Físicoquímicos y Funcionales Antes de la Aplicación de Deshidratación Osmótica y Atmosferas Modificadas.		23
4.1.1.....	Análisis Físicoquímicos	23
4.1.2.....	Análisis Funcionales	24
4.2.....	Determinación De Las Características Físicas (Humedad), Físicoquímicas (Sólidos Solubles, Acidez, Índice De Madurez, Color) Y Funcionales (Vitamina C Y Capacidad Antioxidante) Al Arándano Luego De La Aplicación De Deshidratación Osmótica.	25
4.3.....	Evaluación La Variación De Capacidad Antioxidante Y Vitamina C A Lo Largo De Su Almacenamiento Con Atmosferas Modificadas.	27
4.4.....	Analizar Los Cambios Físicoquímicos (Índice De Madurez, Sólidos Solubles, Acidez Titulable, Color) Y Funcionales (Capacidad Antioxidante Y Vitamina C) Que Sufre El Arándano Dentro Del Empaque En Atmosferas Modificadas Después Del Almacenamiento.	30
4.4.1.....	Características Físicoquímicas	30
4.4.2.....	Características Funcionales	41
BIBLIOGRAFÍA.....		48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del arándano	5
Tabla 2. Composición nutricional del fruto de arándano	6
Tabla 3. Especies comunes de arándano.....	6
Tabla 4. Equipos, reactivos e instrumentos	15
Tabla 5. Métodos utilizados para la determinación de capacidad antioxidante y análisis físicoquímicos.....	16
Tabla 6 Factores en estudio	18
Tabla 7. Tratamientos	19
Tabla 8. ANOVA para el Diseño por Bloques completamente al Azar	20
Tabla 9. Análisis funcional	20
Tabla 10. Variables de investigación.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de madurez	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Atenuación de la radiación al pasar por un medio absorbente.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. Mecanismo propuesto para la estabilización de radicales libres por la vitamina C.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Diagrama de los fenómenos de transferencia de masa que ocurren en las células de los alimentos durante la deshidratación osmótica	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	53
ANEXO 2.....	55

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en evaluar el efecto que producen las atmósferas modificadas (AM) combinadas con bajas temperaturas de refrigeración, durante la conservación de algunas características de calidad del arándano. Se utilizó fruta del cantón Cayambe en estado de madurez fisiológico y fue almacenada a 5 y 8°C, en fundas de polietileno extruido de baja densidad con tres diferentes concentraciones (aire ambiental; 60% O₂ + 20% CO₂ + 20% N₂ y 7%O₂ + 12%CO₂ + 81%N₂). La evaluación se realizó antes, durante (los días 0, 4, 8, 12 y 16) y después de su almacenamiento. Se obtuvo 200g de fruta por tratamiento, para evaluar el efecto de los factores estudiados en el cambio de color externo de la cáscara de la fruta, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, índice de madurez, vitamina C, contenido de vitamina C y capacidad antioxidante. En general se concluye que el tratamiento de arándano almacenado en AM y en refrigeración, en dependencia del tiempo de almacenamiento influyen en la conservación de sus características fisicoquímicas y funcionales siendo el tratamiento con una concentración de O₂= 7% y CO₂= 12% almacenado a una temperatura de refrigeración de 5°C el más adecuado.

Palabras clave: Arándano, atmósferas modificadas, deshidratación osmótica, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The present investigation focused on evaluating the effect produced by modified atmospheres (AM) combined with low refrigeration temperatures, during the conservation of some quality characteristics of blueberries. Fruit was extracted from the Cayambe canton in a state of physiological maturity and was eliminated at 5 and 8°C, in extruded low-density polyethylene bags with three different concentrations (ambient air; 60% O₂ + 20% CO₂ + 20% N₂ and 7 %O₂ + 12%CO₂ + 81%N₂). The evaluation was carried out before, during (days 0, 4, 8, 12 and 16) and after storage. 200g of fruit per treatment was obtained to evaluate the effect of the factors studied on the external color change of the fruit peel, pH, total soluble solids, titratable acidity, maturity index, vitamin C, vitamin C content and antioxidant capacity. In general, it is concluded that the treatment of blueberries stored in AM and in refrigeration, depending on the storage time, influences the conservation of their physicochemical and functional characteristics, being the treatment with a concentration of O₂= 7% and CO₂= 12% stored at a refrigeration temperature of 5°C is the most suitable.

Keywords: *Blueberry, modified atmospheres, osmotic dehydration, antioxidant capacity.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

A nivel mundial EEUU es uno de los países con mayor producción y consumo de arándano, colocándose con un valor per cápita de 1,5 kilos (Zapata et al., 2013), el cual consta con procedimientos de inspección de calidad muy rigurosos en empaque, tamaño, color y madurez, lo que genera que este se convierta en competidor para los pequeños productores del país, quienes debido a la mala manipulación del producto durante su comercialización generan efectos negativos que afectan directamente las características físico - químicas y propiedades organolépticas del arándano (Vázquez-Castilla et al., 2012), lo que provoca que no se cumplan con los estándares de calidad.

En la zona 1 existen productores que han empezado con el cultivo del arándano, pero, al ser un producto relativamente nuevo, no se han invertido esfuerzos en estudiar métodos de conservación de este, por lo que existe poca información que refleje el comportamiento de las características fisicoquímicas y organolépticas durante el almacenamiento. Esto conlleva a que exista una baja competitividad aun sabiendo que el producto es de gran demanda en mercados internacionales (Cevallos, 2016).

Los arándanos se comportan de manera climatérica, su maduración continúa con el tiempo, debido a esto sus propiedades tanto fisicoquímicas como funcionales se ven afectadas. Además, al ser cosechados cercanos a su punto de madurez, su sabor no mejora con el tiempo (Defilippi et al., 2013). Esto crea la necesidad de investigar métodos de conservación que mantengan sus atributos organolépticos y sus propiedades nutritivas. La combinación de una deshidratación osmótica con atmósferas modificadas se presenta como una alternativa para conservar sus características, ya que, estos métodos de conservación combinados tienen escasos recursos de investigación aplicados en arándanos.

1.2. Justificación

La presente investigación tuvo como objetivo principal la determinación del efecto de la aplicación de tecnologías combinadas en arándanos que ayuden a la conservación de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. La importancia de este objetivo es que este fruto (perteneciente a la familia de los “berries”) posee características nutricionales muy atractivas, al ser una fuente importante de vitamina C, y ser rica en antioxidantes que inactivan los radicales libres (Cevallos, 2016). Esto hace que la fruta sea muy apreciada por países del hemisferio norte, principalmente Estados Unidos de América y algunos países de Europa como los Países Bajos, Francia, Italia e Inglaterra al ser un fruto de gran relevancia por su alto contenido de capacidad antioxidante (Cevallos, 2016).

El cultivo de arándanos en el país se ha incrementado en un 100% durante los últimos dos años, según la Corporación Favorita (2018) “la demanda de este producto está en acenso, en promedio mensual se comercializan 3400 tarrinas de 125 gramos”. Al existir este incremento en la producción de arándanos, hace que se cree la necesidad de realizar una investigación sobre métodos de conservación que permitan mantener las características fisicoquímicas y funcionales durante su almacenamiento.

Un tratamiento muy antiguo de conservación no térmico que hasta la actualidad se utiliza para reducción del contenido de agua en frutas, es la deshidratación osmótica, que permite conservar las características sensoriales, nutricionales y funcionales (Parzanese, 2016). Este método junto al manejo de sistemas de atmósferas modificadas buscó mejorar lo antes indicado (Restrepo Flórez et al., 2013). Por lo que al utilizar estas técnicas de conservación combinadas se buscó obtener un producto con características fisicoquímicas y funcionales parecidas a las que presenta al ser cosechado.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de deshidratación osmótica y atmosferas modificadas en las propiedades fisicoquímicas y la capacidad antioxidante del arándano (*Vaccinium corymbosum*).

Objetivos específicos

- Caracterizar al arándano mediante análisis fisicoquímicos (sólidos solubles, acidez, pH, color), funcionales (vitamina C y capacidad antioxidante) antes de la aplicación de deshidratación osmótica y atmósferas modificadas.
- Determinar las características físicas (humedad), fisicoquímicas (sólidos solubles, acidez, índice de madurez, color) y funcionales (vitamina C y capacidad antioxidante) al arándano luego de la aplicación de deshidratación osmótica.
- Evaluar la variación de capacidad antioxidante, vitamina C a lo largo de su almacenamiento con atmósferas modificadas.
- Analizar los cambios fisicoquímicos (índice de madurez, sólidos solubles, acidez titulable, color) y funcionales (capacidad antioxidante y vitamina C) que sufre el arándano dentro del empaque en atmosferas modificadas después del almacenamiento.

1.4. Hipótesis

Ha: Las técnicas combinadas de conservación influyen en las características funcionales y fisicoquímicas del arándano.

Ho: Las técnicas combinadas de conservación no influyen en las características funcionales y fisicoquímicas del arándano.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Arándano

El cultivo de arándano se introdujo en América del Sur, en la década de los años 80, para evaluar su potencial en la región y desde entonces la industria del arándano creció muy rápidamente en Chile y Argentina (Pannunzio et al., 2015). El arándano pertenece a la familia Ericaceae al género *Vaccinium* (Tabla 1). Esta fruta se caracteriza por ser climatérica, es decir que continúan con su proceso de maduración si una vez que alcanza su madurez fisiológica, son arrancados de la planta. Además, son bayas esféricas de 7 a 25mm pequeños y un color azul claro a oscuro, en su interior se encuentran pequeñas semillas las cuales le dan un sabor agrídulce que su principal característica de este fruto.

Tabla 1

Taxonomía del Arándano

Arándano	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Ericaceae</i>
Género	<i>Vaccinium</i>

Fuente: *Brako y Zaruchi, (2016)*

El 80% de la producción de arándanos se destina al mercado de exportación como producto fresco para consumo final, mientras que el 20% restante (descarte, porque no cumple con requerimientos internacionales) se comercializa de la siguiente manera: Alrededor de un 15% se industrializa para la elaboración de jugos, mermeladas, tortas, postres; lo restante de la producción se destina hacia casas de repostería y consumidores particulares y mercado de consumo institucionalizado a nivel local (principalmente restaurantes de alta gama) (Brako y Zaruchi, 2016).

2.1.1. Valor Nutritivo

El arándano es una fruta que en los últimos años ha tomado gran relevancia en varios países debido a su valor nutricional (Crisóstomo et al., 2018). Es considerada una fruta libre de sodio, grasas y colesterol, con bajo contenido de calorías, rico en fibras, vitamina C, potasio, hierro y calcio como se describe en la Tabla 2. Sin embargo, lo que en realidad caracteriza a

estas frutas es su abundancia de pigmentos naturales de acción antioxidante (*Arándano : Propiedades y Beneficios Del Arándano / Perú Info, 2019*).

Tabla 2

Composición Nutricional del Fruto de Arándano

	Por cada 100g de fruta
Azúcares reductores (g)	4,2
Proteínas (g)	0,2
Grasa total (g)	0,4
Humedad (g)	88,0
Cenizas (g)	1,6
Vitamina C (mg)	10,5-7,5
Vitamina A (UI)	40
Calcio (mg)	13
Fósforo (mg)	8
Potasio (mg)	53

Nota: Tomado de García et al. (2018)

2.1.2. Variedades

La producción de arándanos en Ecuador es de data reciente. Se cultiva en climas de Sierra y Costa, en zonas de altas temperaturas por el día y bajas en las noches. Las especies comúnmente cultivadas se describen en la Tabla 3. Entre la más cultivada se destaca la variedad *vaccinium corymbosum* por ser un fruto de alto rendimiento debido a un escalado continuo, en el primer año la producción es de un kilo por planta, pero al cuarto ya puede alcanzar hasta 3,5 kg.

Tabla 3

Especies Comunes De Arándano

Nombre científico	Nombre vulgar	Tipo de cultivo
<i>Vaccinium corymbosum</i>	Arándano alto (“Highbush”)	Cultivado
<i>Vaccinium angustifolium</i>	Arándano bajo (“Lowbush”)	Silvestre
<i>Vaccinium ashei</i>	Arándano ojo de conejo	Cultivado

Nota: Tomado de Munitz (2013)

2.1.3. Características Físicoquímicas

El arándano en su madurez fisiológica comienza a sufrir numerosos cambios físicoquímicos (color, sabor, sólidos solubles totales, acidez, pH) los cuales son responsables de que sean atractivos para el consumo. (Mostacero, 2009). Sin embargo, una vez alcanzado el estado de máxima calidad, sobreviene rápidamente el de sobre madurez o senescencia,

asociado a un excesivo ablandamiento, pérdida de sabor y de color. Por otro lado, el contenido de sólidos solubles, pH y fenoles en cierta forma modifican el color y el tamaño del fruto, de rosa a completamente azul puede haber una variación del 35% en el contenido de estos compuestos, en frutos cosechados bajo plena luz solar (Barrios, 2007).

Los sólidos solubles indican el porcentaje de azúcar contenido en la fruta. (Figuroa et al., 2010) mencionan que para cosechar frutas de arándano que reúnan cualidades organolépticas deseadas, éstos deben presentar niveles de sólidos solubles en rango de 11 y 12° Brix. Por otro lado, Bello, Almirón, et al. (2012) han propuesto un valor de 10 °Brix como el índice de calidad mínimo para arándanos. El pH combinado con actividad acuosa incrementa la posibilidad de que genere un deterioro fúngico y por ende producir daños fisiológicos; en frutos de arándano frescos los valores fluctúan entre 3,2 y 3,8 que de acuerdo con (Bello, Almirón, et al., 2012), quienes aseguran que son apropiados para un buen almacenamiento.

La acidez titulable es un indicador de calidad en los arándanos en post cosecha, misma que durante la maduración presenta una tendencia a disminuir (Munitz, 2013). De acuerdo con (Barrios, 2007) el ácido que predomina en el fruto de arándano es el ácido cítrico y (Pinedo, 2018) ha reportado valores de acidez expresados en % de ácido cítrico de 0,81 a 1,55 para frutos frescos de arándano; por otro lado, la alta acidez en los frutos ha demostrado inhibir el crecimiento de organismos que causan la pudrición.

2.1.4. Índice de madurez

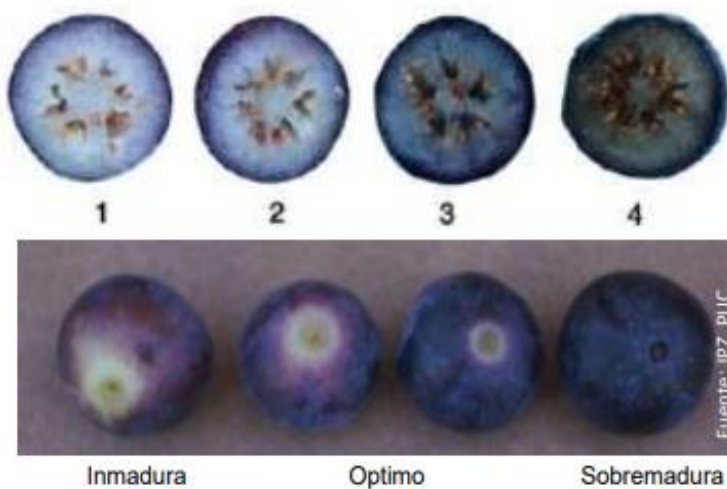
La relación sólidos soluble acidez titulable es un parámetro que determina la resistencia del fruto para desprenderse de la planta siempre y cuando no se tome esta característica en horas de mayor exceso de temperatura o intensidad luminosa. Una baja relación de sólidos solubles acidez titulable está asociada con una buena calidad de la fruta, la cual está asociada con días nublados, excesos de radiación, temperatura y transpiración de los frutos. Una relación de sólidos solubles acidez titulable de 6,5 o menos se encuentra en la pulpa del fruto cuando este tiene un color púrpura siendo un buen propósito para seleccionar arándanos.

El momento preciso para que, el arándano tenga una duración potencial postcosecha consiste principalmente en la etapa de la cosecha, ya que, el factor principal de selección para los arándanos está definido por su color, de esta manera se puede determinar su tiempo de vida postcosecha. La característica principal de esta fruta climatérica es su color uniforme, lo que demuestra un buen desarrollo y una excelente calidad. Por otra parte, las frutas que son cosechadas de color azul claro mantienen una firmeza adecuada para evitar daños y así

desarrollar su color azul característico, con una disminución de particularidades organolépticas que son inferiores al de un fruto cosechado en un color apropiado, es en ese momento, donde se debe tomar las mejores precauciones para disminuir la exposición a altas temperaturas y daños por golpes, ya que, la mala manipulación podría causar daños en la cera de la piel del arándano, es por eso, que solo se logrará mantener a esta fruta en sus condiciones óptimas, como se muestra en la Figura 1, con personal altamente calificado en cosecha (Defilippi et al., 2013).

Figura 1

Índice de madurez



En investigaciones realizadas por (Pinedo, 2018) se ha obtenido una relación °Brix/acidez entre 5,58 para especies nativas, 5,92 para variedad Ventura y 11,88 en la variedad Snow Chaser, por lo que el índice de madurez es diferente dependiendo de la variedad de arándano. (Bello, Almirón, et al., 2012) mencionan que el índice de madurez varía de acuerdo al tiempo de cosecha, se ha determinado que en cosechas tempranas existe un menor índice de madurez.

2.2. Vitamina C

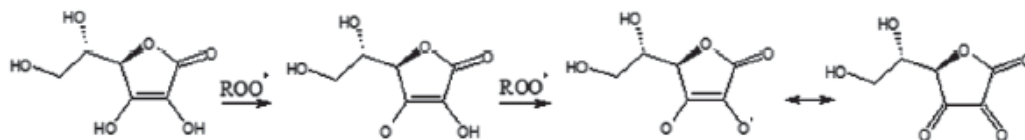
De acuerdo con (Munitz, 2013) el arándano fresco posee un contenido de vitamina C de 18,90 mg por cada 142 g de materia seca; por su parte Barrios (2007) ha reportado un contenido de 13 mg por cada 100 g de materia seca. Sin embargo, se han reportado valores inferiores como los reportados por Coronel et al. (2013) quienes obtuvieron en sus estudios un contenido de vitamina C de 6,3 mg sobre 100 g de materia seca, los autores mencionan que las temperaturas altas provocan la degradación del ácido ascórbico. La vitamina C puede ser

afectada por diversos factores como la temperatura de almacenamiento, a bajas temperaturas se favorece la conservación de ácido ascórbico (Anticon Barreto et al., 2016).

La vitamina C o ácido ascórbico es un antioxidante exógeno que actúa en combinación con otros antioxidantes primarios como la vitamina E y los carotenoides, cuando coopera con la vitamina E regenera el α -tocoferol desde el radical α -tocoferilo en membranas lipoproteínas. Como se puede observar en la Figura 2, la donación de un electrón por el ácido ascórbico produce el radical semidihidroascorbil, que puede ser nuevamente oxidado para dar dihidroascorbato, el ácido ascórbico produce el radical semidihidroascorbil, que puede ser nuevamente oxidado para dar dihidroascorbato (Londoño, 2012a).

Figura 2

Mecanismo propuesto para la estabilización de radicales libres por la vitamina C.



Nota: Tomado de Barea (2015)

2.3.Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante se define como la posibilidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (Julian Londoño, 2012) por lo tanto este actúa por medio de su capacidad al reaccionar con radicales libres retardando y previniendo la oxidación de moléculas. Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir el daño oxidativo de los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos por especies reactivas del oxígeno, las cuales se generan por causas ambientales o por la ingesta de algún contaminante. Entre esas moléculas que remueven los radicales libres y que se encuentran naturalmente en los alimentos por ejemplo están la vitamina C (Santander-M. et al., 2017). Los compuestos con propiedades antioxidantes son sustancias que tienen la propiedad de neutralizar los radicales libres, disminuir el daño oxidativo y así prevenir o retardar la aparición de diversas enfermedades de complejo diagnóstico (Márquez et al., 2014).

En los frutos de arándano los responsables del poder antioxidante son especialmente las antocianinas que se encuentran en la piel del fruto y los flavonoides; y se han reportado valores

de 18,6 a 55,1 $\mu\text{Mol TE/g}$ en diferentes variedades de arándano (Barrios, 2007). Por otro lado, (Pinedo, 2018) ha encontrado valores de capacidad antioxidante en arándano entre 11,17 y 18,25 $\mu\text{mol TE/100g}$ de materia seca. Los arándanos poseen una alta capacidad antioxidante, sin embargo, diversos factores como la variedad, madurez y almacenamiento pueden afectar el poder antioxidante del fruto (Anticona Barreto et al., 2016).

2.3.1. Métodos Utilizados para la Medición de Capacidad Antioxidante

La medición de capacidad antioxidante se la puede realizar por cromatografía de gases (HPLC) y espectrofotometría. El primer caso se puede realizar unas cuantificaciones simultaneas (carotenos, riboflavina, folatos, vitamina C, tiamina y piridoxina), entre las ventajas de este método se detalla que es reproducible y que el tiempo de análisis es relativamente corto, ofreciendo precisión y exactitud (Salinas, 2015). Mientras que en el segundo caso se lo hace por espectrofotometría, este método será utilizado en la investigación por lo que a continuación se detalla.

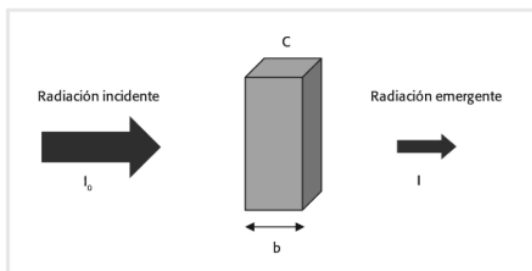
2.3.2. Espectrofotometría

Esta técnica se basa en la capacidad de compuestos para absorber energía, este tipo de análisis puede ser cuantitativo debido a que compara el espectro de absorción de la muestra con espectros de patrones de composición conocida, para identificar las bandas de absorción en base la ley de Beer, que calcula la concentración de una sustancia en una muestra (Gonzalez, 2019).

Esta ecuación es fundamental en los métodos espectrofotométricos de análisis, ya que permite calcular la concentración de una sustancia a partir de la radiación absorbida por una disolución de esta. Si consideramos un haz de radiación monocromático de intensidad (I_0) que pasa a través de un recipiente de espesor (b) que contiene una especie absorbente de concentración C , se producirá una disminución de la intensidad de haz (I) debido a la interacción entre los fotones y la especie absorbente (Figura 3).

Figura 3

Atenuación de la radiación al pasar por un medio absorbente.



Nota: Adoptado de Harris (2007).

La atenuación de la radiación a medida que ésta pasa a través de un medio absorbente se puede describir cuantitativamente mediante dos términos distintos, pero relacionados entre sí, transmitancia y absorbancia. A la fracción de radiación incidente que pasa a través de la muestra que se le denomina transmitancia (T) y toma valores entre 0 y 1.

Los métodos más utilizados para valorar la habilidad de los compuestos antioxidantes (donantes de un hidrogeno o un electrón) presentes en el fluido o célula son aquellos que usan radicales tales como ABTS, FRAG Y DPPH.

El DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) se encarga de reducir especies oxidantes introducidas (Márquez et al., 2014). El DPPH es un radical que puede obtenerse sin preparación previa ya que es un método basado en la reacción colorimétrica de su consistencia fenólica presentando un pico de absorbancia de 515 nm, mismo que es medido por espectrofotometría (Vázquez-Castilla et al., 2012). Además, se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH[•], que se basa en la aceptación de un hidrógeno por parte del antioxidante para formar DPPH, esta medición puede hacerse mediante espectrofotometría UV siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 517 nm, volviéndose amarillo cuando se forma DPPH, de forma que el efecto antioxidante puede ser fácilmente evaluado siguiendo la pérdida de absorción UV a 517 nm (Londoño, 2012c). Los resultados se basan en la determinación de parámetros cinéticos y se expresan como porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH[•] neutralizado por el extracto a una determinada concentración (Brand-Williams et al., 2016)

2.4. Técnicas de Conservación de Alimentos

Muchos de los alimentos hortofrutícolas presentan una dificultad en su conservación por el cual los procesos de comercialización tienen que ser eficientes para cumplir con las normativas

de higiene durante el tiempo de comercialización su conservación es fresco es muy limitada, lo que ocasiona que la vida útil dependa del tipo de producto fresco del que se trate (Aguilar, 2012), esto debido a que puede producirse daños en sus características funcionales y fisicoquímicas.

Para evitar el deterioro de las frutas, existen numerosas técnicas de conservación tales como: refrigeración, congelación, deshidratación, atmósferas modificadas y controladas. Muchos de los métodos de conservación mencionados ayudan a alargar la vida útil del producto, sin embargo, el uso de técnicas combinadas como deshidratación osmótica y atmósferas modificadas en refrigeración, además de alargar la vida útil del producto ayudan a mantener sus características funcionales como la capacidad antioxidante.

2.4.1. *Atmósferas Modificadas (AM)*

Tomando en consideración el estudio de Parry (1995), la atmósfera modificada no genera un aumento en la calidad del producto, sino una desaceleración del proceso de deterioro natural de frutas y hortalizas frescas, es decir, que logra conservar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del fruto produciendo cambios mínimos durante el almacenamiento. El envasado para productos frescos en atmósfera modificada permite extender aproximadamente un 50% la vida del alimento, reduce la respiración, la producción de etileno y la actividad de algunos microorganismos patógenos; conserva la apariencia del producto fresco y las cualidades organolépticas originales del alimento, como por ejemplo las vitaminas; y la distribución de la producción a largas distancias (Rodríguez, 2008).

En estudios realizados por (Rodríguez Beraud et al., 2015) reportaron que niveles bajos de O₂ sólo benefician al arándano evitando la fermentación y no en la disminución de la síntesis de etileno como experimenta un fruto climatérico normal, porque en el arándano el etileno se produce en el momento de la cosecha. Sin embargo, atmósferas con O₂ elevado (60 a 100%) inhiben significativamente la aparición de enfermedades.

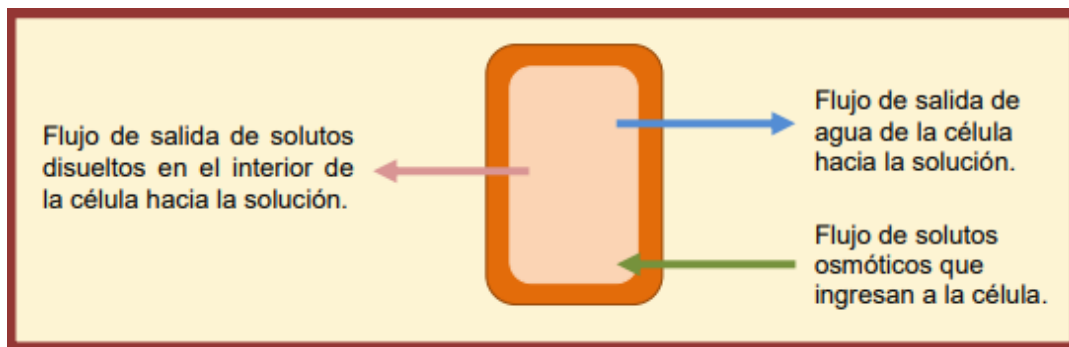
Con respecto a las concentraciones de dióxido de carbono en el arándano (Rodríguez Beraud et al., 2015) mencionan que las concentraciones de CO₂ mayores a 10% y 12% presentan beneficios en el control de pudriciones, de una menor pérdida de peso y arrugamiento de frutos, pero atmósferas modificadas con CO₂ muy elevado (24%), perjudican el valor comercial de los frutos, provocando ablandamiento y pérdidas de firmeza, así también, la calidad sensorial, olor y sabor disminuyen. Por otra parte, los arándanos presentan una tolerancia de 15% de CO₂ como máximo y una tolerancia de 2 a 3% de O₂ como mínimo.

2.4.2. Deshidratación Osmótica

La deshidratación osmótica (DO) es un proceso el cual consiste en la inmersión de los productos hortofrutícolas con una solución compuesta por sales y/o azúcares, en un determinado periodo de tiempo, provocando la separación y pérdida de agua (pérdida de peso) e incrementando el contenido de sólidos solubles como se indica en la Figura 4. (Villada, Mosquera, 2009). Este tratamiento se basa en la eliminación parcial de agua, donde se sumerge la materia prima en una solución hipertónica que tiene una alta presión osmótica y baja actividad de agua, siendo la fuerza promotora para que el agua del alimento se propague en el medio, originándose así una transferencia de masa desde la región de mayor concentración hacia la de menor concentración. El proceso osmótico termina cuando se alcanza este equilibrio, es decir, cuando la velocidad neta de transporte de materia se anula. La ventaja de este método es un ahorro de energía, uso de bajas temperaturas (20-50 °C) evitando daños en productos termolábiles. (Granados et al., 2019)

Figura 4

Diagrama de los fenómenos de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica.



Nota: Adoptado de Parzanese (2016).

Además, Aponte et al. (2010) mencionan que la DO da lugar a tipos de transferencia de masa en contracorriente: transferencia de agua del producto a la solución osmótica, transferencia de soluto de la solución al producto y salida de solutos nativos (azúcares, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas) del producto hacia la solución, considerándose como despreciable por ser cuantitativamente pequeña.

Según Arteaga et al. (2015), cuando los arándanos son sometidos a presión atmosférica presentan fenómenos como difusión y osmosis, por lo tanto, son sometidos a inmersión en una solución que está compuesta por agua y sacarosa (40% - 60%) respectivamente, por el lapso de 3 horas a temperatura ambiente, ya que con estos parámetros se logra la reducción de

humedad, lo que permite obtener la mayor velocidad de DO y disminuir la pérdida de sus características.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área de estudio

La materia prima utilizada para el estudio fue cosechada en Cayambe, provincia de Pichincha. El cantón se encuentra ubicado al norte de la región interandina del Ecuador a una altitud de 2830 msnm, latitud: 0.041025, longitud: -78.142860, con un clima andino de 14 °C (IGM, 2019).

Los análisis se realizaron en las Unidades Eduproductivas, laboratorio de análisis experimental e innovación, laboratorios de Bioprocesos, Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte, que están ubicados en la parroquia de San Miguel de Ibarra, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, mismo que se encuentra a una altitud de 2222 msnm, longitud de 78° 30' 10", con una temperatura media de 18,5 °C (IGM, 2019). La medición de color se realizó en el laboratorio del INIAP, ubicado en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia de Cutuglagua. Esta zona se encuentra a una altitud de 3.050 metros sobre el nivel del mar, con una longitud de 78°35' W, latitud 00°22' S.

3.2. Materiales y equipos

A continuación (Tabla 4), se describen los instrumentos, equipos y reactivos que se utilizó en la investigación.

Tabla 4

Equipos, reactivos e instrumentos

Materia Prima	Instrumentos	Reactivos	Equipos
Arándano en estado de madurez fisiológico	Balón aforado de 2 L	Ácido metafosfórico	Balanza analítica
	Vasos de precipitación (50, 100, y 500 ml)	Ácido acético	Agitador magnético
	Balón aforado (10, 50 y 1000 ml)	2,6-dicloroindofenol	Trituradora
	Soporte universal	NaHCO ₃	Liofilizador
	Pinza universal	Ácido ascórbico	Estufa
	Gotero	Agua Destilada	Espectrofotómetro
	Mortero	Fenoltaleína	Secador

Materia Prima	Instrumentos	Reactivos	Equipos
	Pipetas de (1, 5 y 10ml)	Hidróxido de Sodio (NaOH) a la 0,1N	Refractómetro
	Bureta	DPPH	Medidor de pH
	Pera de succión	Metanol	Balanza
	Colador	Sacarosa	Balanza Infrarroja de humedad
	Cuchillo	Agua tipo III	Centrifugadora
	Papel filtro Whatman N4		Vortex
	Tubos Falcon		Controlador de temperatura
	Tubos de ensayo		Refrigerador
	Paila de Bronce		WITT mezclador MAPY 4.0 LE SP O ₂ / CO ₂ Zr Tanques de O ₂ , CO ₂ y N ₂

3.3. Metodología

Para la realización de esta investigación se utilizaron arándanos con madurez 3 de acuerdo con lo descrito por Defilippi et al. (2013).

3.3.1. *Caracterización Al Arándano Mediante Análisis Físicoquímicos (Sólidos Solubles, Acidez, Ph, Color), Funcionales (Vitamina C Y Capacidad Antioxidante) Antes De La Aplicación De Deshidratación Osmótica Y Atmosferas Modificadas.*

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó los análisis a la fruta que se mencionan en la Tabla 5, antes de ser deshidratada y envasada en AM.

Tabla 5

Métodos para la determinación de análisis físicoquímicos y funcionales

Características	Variable	Método/Equipo
Físicos	Peso	Balanza digital
	Color	Colorimetría
	Humedad	Por radiación infrarroja (NMX-F-428-1982).
Químicos	pH	Potenciómetro Jenwey (modelo 3510.)

Funcionales	Acidez (%)	Titulable	AOAC Official Methods 942.1-1990 (Hensall 2012).
	Sólidos (°Brix)	Solubles	AOAC Official Methods 932.12-1980 (Hensall 2012).
	Vitamina C		AOAC Official Methods 967.21 (Hensall 2012).
	Capacidad Antioxidante		Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil).

3.3.2. *Determinación De Las Características Físicas (Humedad), Fisicoquímicas (Sólidos Solubles, Acidez, Índice De Madurez, Color) Y Funcionales (Vitamina C Y Capacidad Antioxidante) Al Arándano Luego De La Aplicación De Deshidratación Osmótica.*

Los arándanos previamente analizados y clasificados fueron sumergidos en una solución osmótica compuesta por sacarosa y agua potable en una proporción de 40%-60% respectivamente, por un intervalo de 3 horas a temperatura ambiente, luego de esta etapa se analizó nuevamente como se menciona en la Tabla 5.

3.3.3. *Evaluación La Variación De Capacidad Antioxidante Y Vitamina C A Lo Largo De Su Almacenamiento Con Atmósferas Modificadas.*

Los arándanos se almacenaron en atmósferas modificadas bajo refrigeración a diferentes temperaturas y concentraciones durante 16 días, durante ese periodo se realizaron las mediciones de capacidad antioxidante y vitamina C de acuerdo con la metodología explicada anteriormente.

Factores en Estudio. Para el desarrollo de esta etapa se tomaron como factores la concentración de gases y la temperatura de almacenamiento (Tabla 6). De acuerdo con (Rodríguez Beraud et al., 2015) los niveles bajos en O₂ (5%) evitan la fermentación y con un porcentaje elevado (60 a 100%) inhiben aparición de enfermedades, por otro lado, con niveles bajos de CO₂ (10%) reportan beneficios en el control de pudriciones y con una concentración elevada (24%) perjudican el valor comercial del arándano provocando pérdida de firmeza y ablandamiento, de esta manera se obtuvo los rangos para llevar a cabo esta investigación.

Tabla 6

Factores en estudio

Factores	Descripción	Nomenclatura
	Concentración atmosférica	C1
Controlables	Factor A: Concentración de los gases	O ₂ = 60% y CO ₂ = 20% C2
		O ₂ =7% y CO ₂ =12% C3
	Factor B: Temperatura de refrigeración	5°C R1 8°C R2
Constantes	Empaque Peso Solución osmótica	Polietileno extruido de baja densidad 200g Sacarosa y agua potable (40%-60%)

Características del experimento.

Número de Tratamientos: Seis (6)

Número de Unidades Experimentales: Dieciocho (18)

Cada unidad experimental se constituyó de 8 subunidades.

Unidad experimental. Cada unidad experimental tuvo un peso de 200g de arándano y el empaque que se utilizó en esta investigación fue de polietileno extruido de baja densidad (ANEXO 2) el cual presentó las mejores características de almacenamiento en las previas realizadas.

Tratamientos. A continuación, se presenta en la Tabla 7, los tratamientos que fueron investigados con su respectiva codificación lo cual permitió su identificación en el laboratorio.

Tabla 7*Tratamientos*

Tratamientos	Interacción	Descripción
T1	C1R1	Concentración atmosférica con temperatura de refrigeración de 5°C. Testigo 1
T2	C2R2	Concentración de O ₂ = 60% y CO ₂ = 20% con temperatura de refrigeración de 8°C.
T3	C3R1	Concentración de O ₂ =7% y CO ₂ =12% con temperatura de refrigeración de 5°C.
T4	C1R2	Concentración atmosférica con temperatura de refrigeración de 8°C. Testigo 2
T5	C2R1	Concentración de O ₂ = 60% y CO ₂ = 20% con temperatura de refrigeración de 5°C.
T6	C3R2	Concentración de O ₂ =7% y CO ₂ =12% con temperatura de refrigeración de 8°C.

3.3.4. Analizar Los Cambios Físicoquímicos (Índice De Madurez, Sólidos Solubles, Acidez Titulable, Color) Y Funcionales (Capacidad Antioxidante Y Vitamina C) Que Sufre El Arándano Dentro Del Empaque En Atmosferas Modificadas Después Del Almacenamiento.

Se realizó un análisis estadístico (ANOVA) con los resultados conseguidos después de 16 días de almacenamiento en atmósferas modificadas para vitamina C y capacidad antioxidante. Desde el día 16 hasta el día 20 se continuó almacenando el producto para identificar si existe daño en el mismo y se aprovechó para medir sólidos solubles y acidez titulable.

Diseño Experimental. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AxB (DCA AxB) con 3 repeticiones a cada nivel. Los testigos se encuentran dentro de los niveles de los factores (T1 y T4).

Análisis estadístico. En la Tabla 8 se muestra el ANOVA, donde se muestra los grados de libertad para el DCA AxB.

Tabla 8*ANOVA para el Diseño completamente al Azar*

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	17
Tratamientos	5
Factor A: Concentración	2
Factor B: Temperatura	1
Interacción (AxB)	2
Error exp.	12

Análisis Funcional. Se realizaron los supuestos del análisis del ANOVA, comprobando si los datos se ajustan a una distribución normal y el supuesto de homogeneidad utilizando la prueba Shapiro-Wilks y de Levene respectivamente. En la Tabla 9 se muestra el análisis funcional para los tratamientos y para cada uno de los factores en estudio debido a las diferencias significativas encontradas.

Tabla 9*Análisis funcional*

Análisis	
Tratamientos	Tukey al 5%.
Factores	DMS (Diferencia mínima significativa) 2%.

Variables de respuesta. En la siguiente tabla se muestran las variables que fueron evaluadas luego de los 16 y 20 días de almacenamiento respectivamente.

Tabla 10*Variables de investigación*

Variable	Unidad
Índice de Madurez	%
Vitamina C	mg/100g MS
Capacidad Antioxidante	μmol Trolox Eq/100g MS
Color	ΔE

Las variables de respuesta fueron evaluadas de acuerdo con la metodología que se describe en el Anexo 1.

3.4. Manejo Específico Del Experimento

A continuación, en la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo que se llevó a cabo en esta investigación.

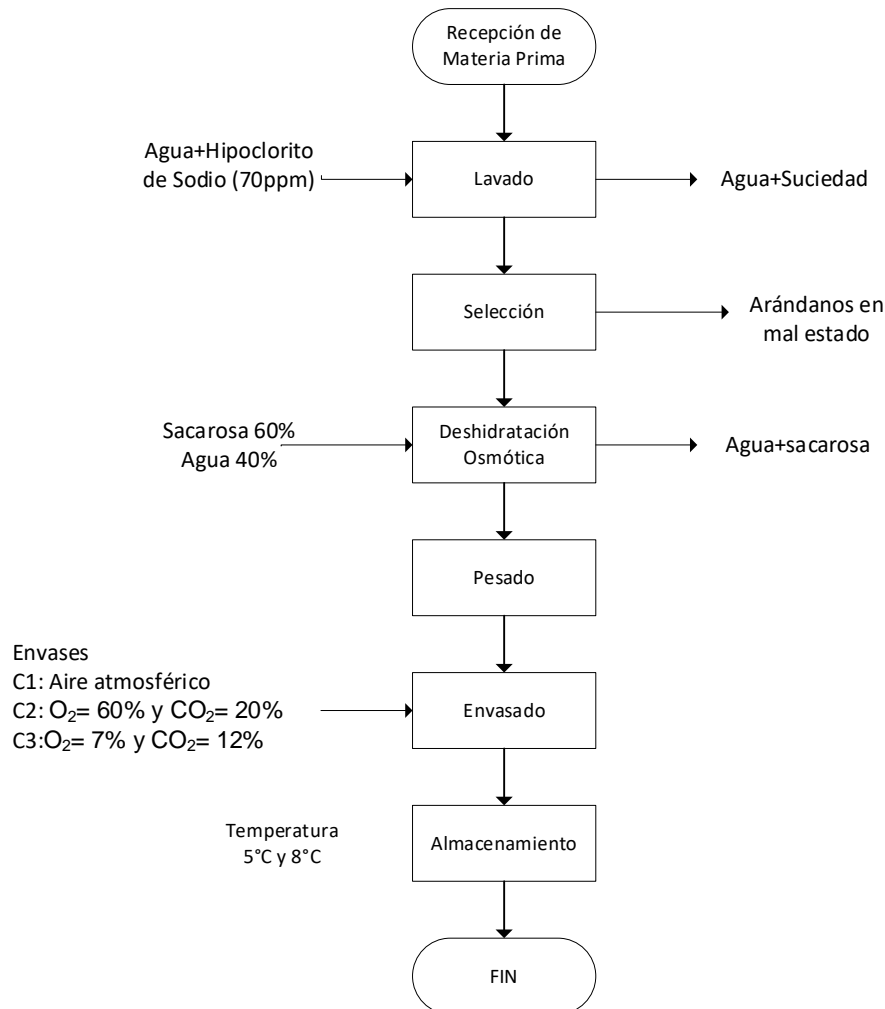


Figura 5. Diagrama de flujo de la fase experimental.

3.4.1. Descripción

A continuación, se detalla cada operación que se realizó en el proceso de almacenamiento de arándano en atmósferas modificadas.

Lavado. Los arándanos fueron lavados con agua potable e hipoclorito de sodio (70 ppm) para su desinfección y se desecharon los frutos en malas condiciones o podridos.

Selección. Se realizó de acuerdo con el estado de madurez fisiológico y se separó las frutas en mal estado, golpeadas, podridas y en madurez comercial.

Deshidratación Osmótica. Los arándanos fueron sumergidos en una solución compuesta de agua potable y sacarosa en una proporción de 60-40% respectivamente durante 3h.

Pesado. Con la ayuda de una balanza digital se procedió a pesar 200g para cada unidad experimental con la finalidad de tener una misma cantidad de fruta en cada tratamiento.

Envasado. Se utilizaron fundas de polietileno extruido de baja densidad (Anexo 3) y se llenaron con fruta a diferentes concentraciones utilizando el equipo WITT mezclador MAPY 4.0 LE SP O₂ / CO₂ Zr, la primera con la concentración de gases del aire atmosférico, la segunda con una concentración de O₂= 60% y CO₂= 20% y por último O₂=7% y CO₂=12%.

Almacenamiento. Los envases fueron almacenados en dos temperaturas de refrigeración de 5°C y 8°C por un periodo de 20 días. Para mantener la temperatura constante durante este tiempo se utilizaron controladores para cada refrigerador.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos antes, durante y después de haber almacenado el arándano en atmósferas modificadas en refrigeración durante 20 días de almacenamiento.

Caracterización al Arándano Mediante Análisis Fisicoquímicos y Funcionales Antes de la Aplicación de Deshidratación Osmótica y Atmósferas Modificadas.

Con el propósito de estandarizar y establecer la unidad experimental se determinaron las características fisicoquímicas como: sólidos solubles totales (SST), acidez titulable, pH, color, vitamina C y la capacidad antioxidante del arándano antes de su almacenamiento.

4.1.1. Análisis Fisicoquímicos

Los resultados encontrados del arándano en estado de madurez fisiológico se muestran en la Tabla 11, y se encuentran dentro del rango reportado por diferentes autores. En SST, los datos son ligeramente superiores con lo reportado por Figueroa et al. (2010) quienes mencionan que los frutos de arándano en estado de madurez fisiológico presentan niveles de sólidos solubles en rango de 11 y 12° Brix. No obstante, Buitrago, (2015) sugiere que los frutos deben ser cosechados cuándo estos se encuentren entre 12 y 14°Brix. De igual manera, el pH se encuentra en el rango reportado por Bello, (2012) según el autor, el pH en frutos de arándano fresco cosechados en Argentina oscila entre 3,2 y 3,8; análogamente, los datos concuerdan con Pinedo (2018) quien menciona que el pH se encuentra en un rango de 2,25 y 3,25 en arándanos provenientes del distrito de Leimebamba-Perú.

Tabla 11

Análisis Fisicoquímicos Antes de la Deshidratación Osmótica

Análisis	Resultados	Colombia	Perú	Argentina
Sólidos Solubles (°Brix)	12,46 ± 0,24	-	5,58	5,92
Acidez titulable	0,89 ± 0,04	0,75	0,89	
pH	3,36 ± 0,06	3,5	-	3,2-3,8
Índice de Madurez	14,08 ± 0,66	12-15	-	13,3

La acidez encontrada en esta investigación concuerda con los valores reportados por Coronel et al. (2019) quienes han determinado un valor de 0,89 expresados en % de ácido cítrico para frutos frescos de arándano cultivados en la provincia de Chiclayo-Perú. No obstante, en cultivares provenientes de Boyacá-Colombia Buitrago et al. (2015) ha reportado un valor de 1,44% en la variedad *Vaccinium meridionale Swartz*; de acuerdo con los autores, la acidez del arándano se ve afectado por diversos factores como: la ubicación, el clima, formas de cultivo y la variedad, esto explicaría la diferencia en acidez titulable. Por otra parte, El índice de madurez (°Brix/acidez) presentó un valor similar al reportado por Coronel et al. (2019) que fue de 14,71, y además se encuentra dentro del rango (8,9 y 35,6) indicado por Buitrago et al. (2015). En otras variedades, Pinedo (2018) ha obtenido una relación SST/acidez entre 5,58 para especies nativas, 5,92 para variedad *Ventura* y 11,88 en la variedad *Snow Chaser*, esto indica que el índice de madurez es diferente dependiendo de la variedad de arándano.

En cuanto a los resultados del color (Tabla 12), se encuentran dentro del rango reportado por Ferreira & Negrillo (2016), quienes investigaron 61 variedades de arándano en estado de madurez fisiológico. Por otro lado, la luminosidad y croma son superiores al reportado por Bof (2018), el tono de matiz o ángulo Hue por su parte es inferior. El autor menciona que el color puede verse afectado por el contenido de sólidos solubles, pH y compuestos bioactivos responsables de la modificación del color de rosa a complemente azul.

Tabla 12

Color de la fruta previo a la deshidratación osmótica.

Características	Materia Prima	Ferreira&Negrillo (2016)	(Bof, 2018)
Luminosidad	38,55±0,48	39,3 - 56,68	35
Croma	8,02±0,74	6,37 - 23,84	5,06
°Hue	71,63±4,39	116,57 - 68,21	99,09

Además, Barrios (2007), menciona que puede darse una variación del 35% en el contenido de estos compuestos, en frutos cosechados bajo plena luz solar. Esto puede explicar la diferencia de resultados encontrados, con los del autor a pesar de tener el mismo estado de madurez.

4.1.2. Análisis Funcionales

El contenido de vitamina C presente en el arándano (Tabla 13), fue similar al reportado por la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) quien menciona un valor de 9,7 mg de ácido ascórbico por 100g de materia seca. Y

superior al valor encontrado en la investigación realizada por Coronel et al. (2013), quienes obtuvieron en valor de 6,3 mg sobre 100 g de materia seca. Por otro lado, se encuentra dentro del rango (7,5 a 10,5 mg A. Ascórbico) que menciona Garcia et al. (2011). Sin embargo, arándanos provenientes de Chile y Argentina reportan mayor contenido de vitamina C, autores como Barrios (2007) y Munitz (2013) han encontrado valores de 13 y 13,3 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de materia seca, respectivamente. De acuerdo con Ruelas et al. (2013), la calidad nutricional, especialmente la vitamina C se ve afectada en arándanos que están expuestos a prolongados tiempos de sol y se ha visto una mayor calidad nutricional en frutas que se desarrollan bajo sombra. Esto puede ser debido a que este compuesto bioquímico es muy susceptible a la temperatura.

Tabla 13

Propiedades Funcionales del Arándano.

Análisis		Resultado	Chile	Perú
Vitamina C	mg A. Ascórbico	9,09±0,07	13 y 13,3	6,3
Capacidad antioxidante	µMol TE.	37,12±0,19	37,9 y 100,96	18,6 a 55,1

Nota. Los datos se expresan por 100g de materia seca.

La capacidad antioxidante, por su parte, se encuentra dentro del rango reportado por Barrios (2007) de 18,6 a 55,1 µMol TE/100g MS. Y el valor de CA es superior a arándanos cultivados en Leimebamba-Perú, Pinedo (2018) reporta valores que oscilan entre 11,17 y 18,25 µMol TE/100g MS. Vázquez-Castilla et al. (2012) por su parte, han encontrado valores de 37,9 y 100,96 µMol TE/100g MS, los valores más altos han sido encontrados en variedades silvestres como la *Vaccinium oxycoccus*. El poder antioxidante presente en el arándano depende de diversos factores como la variedad, y madurez (Anticona Barreto et al., 2016); es por ello por lo que los valores difieren de algunos autores.

4.2. Determinación De Las Características Físicas (Humedad), Fisicoquímicas (Sólidos Solubles, Acidez, Índice De Madurez, Color) Y Funcionales (Vitamina C Y Capacidad Antioxidante) Al Arándano Luego De La Aplicación De Deshidratación Osmótica.

El arándano se presenta con un sabor ligeramente ácido, por este motivo, ha sido sometido a deshidratación osmótica con la finalidad reducir la acidez y aportar un sabor más agradable para el paladar del consumidor, además, ayuda a conservar las características

fisicoquímicas. En esta investigación se encontró que tanto las características fisicoquímicas y funcionales variaron luego de la aplicación de la DO (Tabla 14); SST, índice de madurez y capacidad antioxidante presentaron un aumento, mientras que en el caso de vitamina C, acidez titulable y pH se produjo un descenso.

Tabla 14

Propiedades fisicoquímicas y funcionales después de la DO.

Característica	DO	% Δ
Sólidos Solubles T.	13,38 ± 0,24 °Brix	7,40%
Acidez titulable	0,83 ± 0,04 %A. Cítrico.	-5,77%
pH	3,32 ± 0,06	-0,99%
Índice de Madurez	16,05 ± 0,67 °Brix / %A Cítrico.	13,94%
Color	5,70 ± 0,10 ΔE	5,70%
Humedad	84,10 ± 0,65 %	1,69%
Vitamina C	6,50 ± 0,06 mg A. Ascórbico/ g MS	-16,17%
Capacidad antioxidante	37,47 ± 0,09 μmol TE. /100 g MS	0,95%

Nota: %Δ: Porcentaje de variación con respecto a las frutas sin DO.

El aumento de SST pudo ser causa del ingreso de azúcar al interior del fruto, ya que de acuerdo con García et al. (2018), el ingreso de azúcar es producido por el proceso de DO, lo que provoca que los sólidos solubles aumenten, además, el autor menciona que, durante la salida del agua, también pueden salir consigo ciertos ácidos (ácido) y aromas; lo que explicaría el descenso producido en la acidez titulable y el pH. En su investigación, la acidez disminuyó ligeramente y el pH no presentó diferencias significativas. Por consiguiente, el aumento que se produce en SST y la disminución de la acidez, provoca que el IM sea mayor al valor inicial (14,08±0,66). Del mismo modo, Arteaga et al. (2015) estudiaron las características fisicoquímicas del arándano, los efectos producidos por la deshidratación osmótica con azúcar no presentaron diferencias significativas entre arándanos osmodeshidratados y las muestras sin tratar en las variables pH y capacidad antioxidante, esto corrobora los datos encontrados en este estudio, ya que la variación que se produce en estas dos variables es inferior al 1%.

La vitamina C se vio afectada por la DO ya que se perdió un 28,41% respecto al valor inicial. De acuerdo con Germer et al. (2016) la alta solubilidad de este componente provoca la oxidación y remoción por la solución osmótica. Además, en una investigación realizada por García et al. (2018) se reportó un porcentaje de disminución de ácido ascórbico de hasta un 53% en frutos osmodeshidratados. De igual manera, las condiciones en que se realizó la DO

(temperatura 18°C durante 4 horas) pudieron provocar su degradación debido a la termosensibilidad y la hidrosolubilidad de la vitamina C (Aponte et al., 2010).

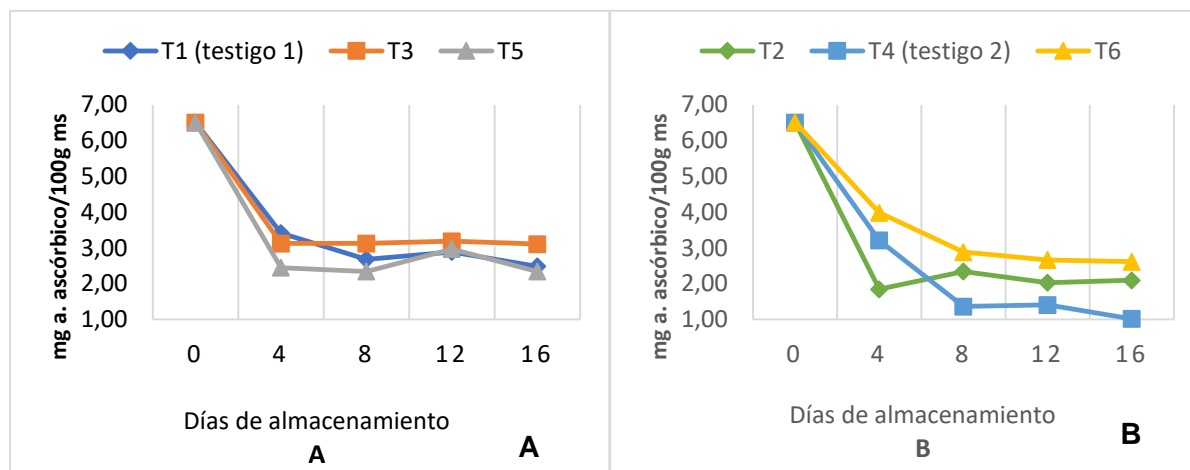
Por otro lado, el cambio de calor en el fruto, pudo ser consecuencia de la despigmentación, de acuerdo con Alvis-Bermudez et al. (2016) “Cuanto más largo sea el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en los pigmentos en los alimentos”. La prolongación de la deshidratación produciría una oxidación extensiva provocando una pérdida de los pigmentos (antocianinas). Además, Flores- Aguilar & Flores-Rivera (2018) mencionan que pigmentos como las antocianinas pueden degradarse a temperaturas de 18°C, esto ayudaría a explicar por qué se da el cambio de color después de la deshidratación.

4.3. Evaluación De La Variación De Capacidad Antioxidante Y Vitamina C A Lo Largo De Su Almacenamiento Con Atmósferas Modificadas.

Tanto la capacidad antioxidante como la vitamina C se ven afectados por diversos factores entre ellos la tecnología de conservación, temperatura y tiempo de almacenamiento, es por eso por lo que se evaluó estas características durante 16 días. El contenido de vitamina C en el día cero fue de $6,50 \pm 0,06$ mg ácido ascórbico por 100g de materia seca y en los primeros 4 días de almacenamiento se observa una disminución en todos los tratamientos (Figura 6 A-B). De acuerdo con Alsmairat et al. (2011), la presencia de oxígeno en el envase provocaría la oxidación del contenido de ácido ascórbico presente en el arándano, esto explicaría por que en los tratamientos que contienen una AM con elevados niveles de oxígeno existe un mayor porcentaje de disminución durante su almacenamiento ($T_2=71,66\%$ y $T_5=62,37\%$). Los tratamientos con AM luego del cuarto día comienzan a estabilizarse, especialmente aquellos tratamientos con bajos niveles de oxígeno. De acuerdo con Ospina Meneses et al. (2008) durante el almacenamiento de frutas en AM se produce una reducción de O_2 debido a que es consumido por el fruto generando un aumento de CO_2 . En la investigación realizada por Bugatti et al. (2020) se ha reportado que arándano almacenado bajo AM, logra alcanzar un equilibrio de los gases dentro del envase después de 24h debido al consumo del O_2 y acumulación de CO_2 , equilibrio que permite estabilizar la degradación de la vitamina C a lo largo del tiempo. A pesar de que en la presente investigación la vitamina C no fue evaluada después de 24h, si no que se realizó cada 4 días, esto ayudaría a explicar el comportamiento de los datos del cuarto día ya que pueden ser resultado de una AM que ya ha alcanzado el equilibrio de los gases, misma que permitió estabilizar la vitamina C hasta el día 16 de almacenamiento.

Figura 6.

Curva del comportamiento de Vitamina C del Arándano durante su almacenamiento en AM A: 5°C y B: 8°C.



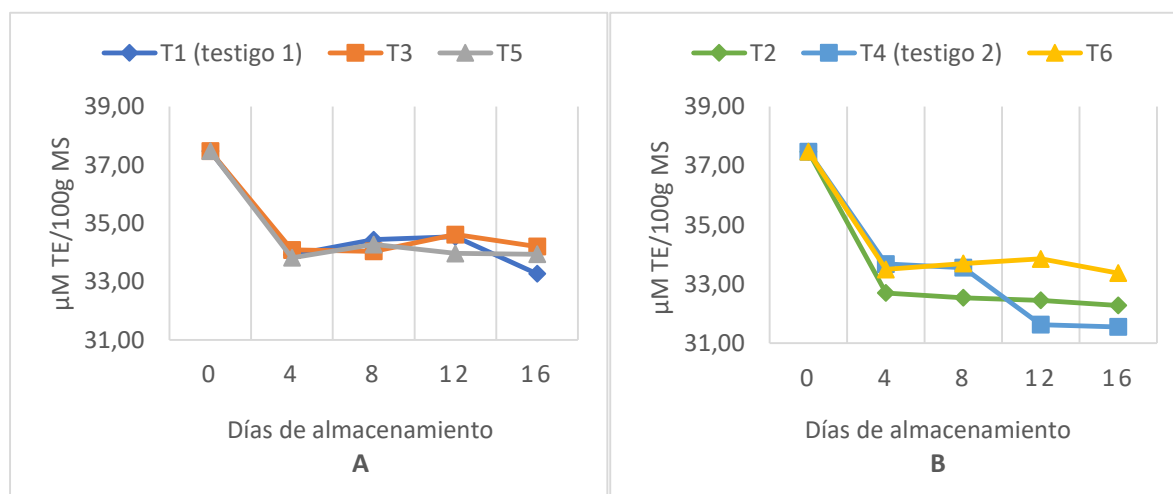
El comportamiento de la capacidad antioxidante durante su almacenamiento en AM y en refrigeración se muestra en la Figura 7. El valor inicial fue de $37,47 \pm 0,09$ $\mu\text{mol TE} / 100$ g MS, luego de cuatro días de almacenamiento dicho valor descendió en todos los tratamientos. Lo que puede ser explicado en parte por las temperaturas de almacenamiento (5 y 8°C) ya que de acuerdo con Jurikova et al. (2019) mencionan que temperaturas inferiores a 10°C pueden llegar a disminuir la capacidad antioxidante en el arándano entre 4% hasta un 26% durante su almacenamiento, en la presente investigación los valores de pérdida más altos son de hasta 15,90% (T4), no obstante, la combinación entre temperatura de 5°C con AM con altos y bajos niveles de oxígeno respecto a la ambiental (Figura 7-A) permitió reducir la pérdida de capacidad antioxidante hasta entre un 9,74% a 8,72%, durante su almacenamiento.

Moggia et al. (2014) han encontrado que arándano almacenado en frío (1 u 8°C) en una atmósfera de 10% CO₂ y 10% O₂ pueden llegar a perder de 24 a 34% de CA durante su almacenamiento. Lo que ha entender que es fundamental al combinación entre temperatura y las concentraciones de gases a utilizar. Los autores atribuyen la pérdida de capacidad antioxidante a la disminución de antocianinas, debido a su relación lineal con la capacidad antioxidante y porque más del 60% de capacidad antioxidante del arándano viene dada por éstas sustancias.

El mayor porcentaje de pérdida de capacidad antioxidante se da en los tratamientos almacenados a 8°C (T2=12,74%; T4=10,12%; T6=10,61%) Figura 7-B, a diferencia con los tratamientos almacenados a 5°C que presentan un menor porcentaje de pérdida (T1=9,49%; T3=9,02%; T5=9,75%). Los resultados encontrados dan a entender que la temperatura, es un factor clave para la conservación de la capacidad antioxidante, lo que concuerda con Sandoval (2018), quien menciona que la temperatura combinada con el tiempo de almacenamiento influye en la conservación de antocianinas, el autor menciona que la capacidad antioxidante del arándano está vinculada con las antocianinas, a mayor degradación de estos compuestos existe menor capacidad antioxidante.

Figura 7.

Curva de Comportamiento de la CA del Arándano durante su almacenamiento en AM **A:** 5°C y **B:** 8°C.



Por otro lado, la AM bajos niveles de O₂ respecto al ambiental mostraron el mejor comportamiento frente al resto en ambas temperaturas evaluadas (5 y 8 °C), y concuerda con lo encontrado en la investigación realizada por Cocetta et al. (2015), donde almacenaron arándano en atmósferas modificadas con bajos niveles de oxígeno (4 kPa O₂ y 10 kPa CO₂; 1 kPa O₂ y 9 kPa CO₂; Aire atmosférico) y encontraron que los niveles de CA del arándano disminuyeron ligeramente hasta alcanzar un nivel estable. Además, durante su almacenamiento los tratamientos con AM presentaron valores superiores a comparación con las muestras con aire atmosférico.

4.4. Analizar Los Cambios Físicoquímicos (Índice De Madurez, Sólidos Solubles, Acidez Titulable, Color) Y Funcionales (Capacidad Antioxidante Y Vitamina C) Que Sufre El Arándano Dentro Del Empaque En Atmosferas Modificadas Después Del Almacenamiento.

Con la finalidad de conocer si la aplicación de las AM en el almacenamiento de arándano logra preservar las características físicoquímicas y funcionales del fruto, se realizó un análisis estadístico a los datos obtenidos después de 16 días de almacenamiento a todas las variables. Además, se estudió el comportamiento del IM hasta el día 20. Todas las variables, a excepción de la acidez titulable y color, cumplieron con los supuestos del ANOVA (aleatoriedad, homogeneidad y normalidad) por lo que se procedió a realizar el análisis estadístico.

4.4.1.1. Características Físicoquímicas

Sólidos Solubles Totales. En el ANOVA de la variable SST (Tabla 15) se encontró diferencias significativas en el factor A (Concentraciones), es decir, las concentraciones influyen en la conservación de los sólidos solubles totales del fruto (Figura 8) después de su almacenamiento. La interacción AxB por su parte, también presentó diferencias significativas, a pesar de que el factor B no influye en la conservación de los SST, la combinación entre concentraciones y temperaturas de refrigeración si influyen en la conservación de esta característica. Smrke et al. (2021) menciona que el contenido de sólidos solubles totales es uno de los principales sustratos necesarios para la respiración en el fruto, y que al aplicar una AM ya sea con altos o bajos niveles de oxígeno respecto al ambiental, esta va a influir en el metabolismo reduciendo su tasa de respiración y, en consecuencia, existirá un efecto en el contenido de SST. Además, los autores mencionan que la combinación de AM con temperaturas de refrigeración puede lograr una mejor conservación de los SST de las frutas.

Tabla 15.

ANOVA de la variable SST

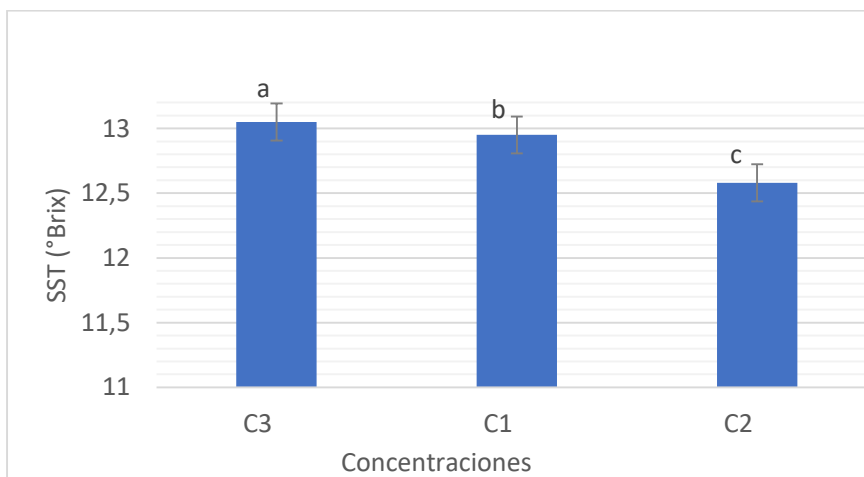
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo	1,06	5	0,21	10,67	0,0004	**
FACTOR A	0,71	2	0,36	18,01	0,0002	**
FACTOR B	0,07	1	0,07	3,78	0,0758	ns
FACTOR A*FACTOR B	0,27	2	0,13	6,77	0,0108	*
Error	0,24	12	0,02			
Total	1,29	17				

*Nota. SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadros medios, F: f tabular, **: Diferencias Altamente significativas, *: Diferencias significativas, ns: Diferencia no significativa.*

Al aplicar la prueba DMS al factor A, misma que se presenta en la Figura 8, se puede observar que concentraciones con 7% de O₂ y 12% de CO₂ (C3) presentaron mejores valores de conservación de los SST con respecto al resto. De acuerdo con Defilippi et al. (2013) las AM con bajos niveles en O₂ pueden actuar sobre la fisiología de la fruta permitiendo la disminución de la actividad metabólica y así evitar el aumento o disminución de SST en exceso. Los datos encontrados concuerdan con la investigación realizada por Catuneanu et al. (2017), quienes lograron conservar los SST del arándano después del almacenamiento en una AM con 3 % de O₂ y 10 % de CO₂. En contraste, en las concentraciones con 60% de O₂ y 20% de CO₂ (C2) se presentaron valores de SST inferiores incluso a la concentración testigo.

Figura 8.

Prueba DMS del Factor A, variable SST.

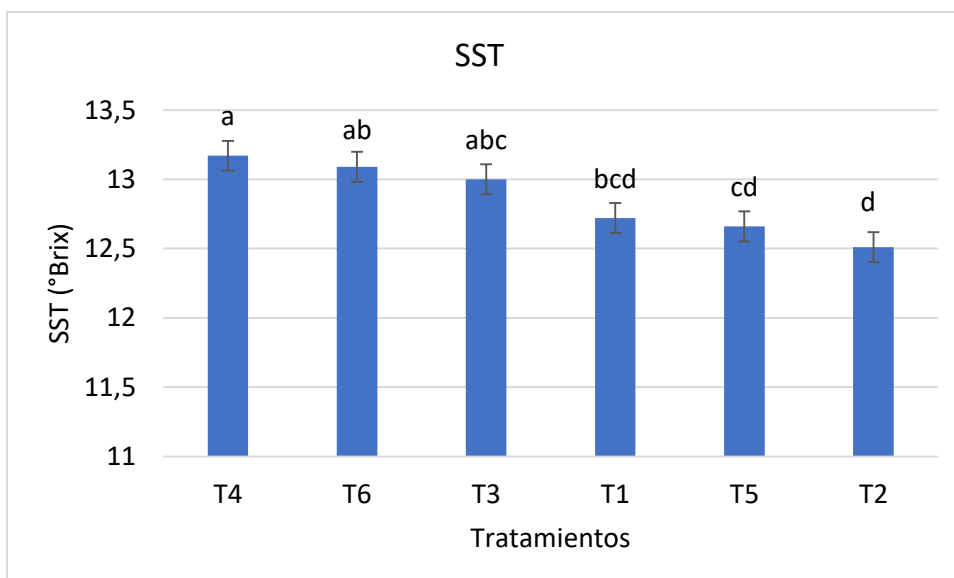


Las temperaturas de refrigeración no tuvieron influencia ($p\text{-valúe}>0,02$) en la conservación de esta variable. Esto concuerda con lo reportado por Bello et al. (2012) quienes tampoco encontraron diferencias significativas en SST durante la conservación de arándanos bajo refrigeración a bajas temperaturas (1°C); de igual manera Bugatti et al. (2020) en su investigación de arándano almacenado en AM a 8°C no se encontró influencia de la temperatura en los SST. Análogamente, Serrano et al. (2017) han estudiado el comportamiento del arándano en diferentes temperaturas de refrigeración (5, 10 y 20°C), en su investigación los autores encontraron que a temperaturas bajas (5 y 10°C) no existe una modificación de los SST del fruto, pero si se ha encontrado un cambio a 20°C. De acuerdo con los autores, las bajas temperaturas disminuyen la tasa respiratoria del fruto e incrementa al estar expuesto a altas temperaturas.

El arándano ingresó al almacenamiento con un contenido de sólidos solubles totales de $13,38 \pm 0,26$ y después de 16 días la prueba Tukey mostró que los tratamientos T3, T4, y T6 (variación promedio de 2,80%) son estadísticamente iguales, de igual manera sucedió con los tratamientos T1, T2 y T5 (variación 5,59%). Los SST del arándano se conservan de igual manera ya sean envasados con una AM o con aire atmosférico, no obstante, en la presente investigación se encontró que almacenar arándano con concentraciones de oxígeno superatmosféricos ($O_2 = 60\%$ y $CO_2 = 20\%$) produce una disminución significativa en el contenido de SST del arándano, de acuerdo con Giuggioli et al. (2017), la disminución de SST se da por el aumento en la tasa de respiración. Esto concuerda con lo reportado por Mohabbi et al. (2015), en su investigación los tratamientos con una AM ($60\% O_2 + 20\% CO_2$) tendieron a disminuir el contenido de SST. Caso contrario sucede con los tratamientos con una AM con bajos niveles de oxígeno respecto al ambiental ($O_2 = 7\%$ y $CO_2 = 12\%$) donde los SST incrementaron ligeramente, lo que coincide con la investigación realizada por Catuneanu et al. (2017) quienes han reportado aumentos significativos en el contenido de SST en arándano ‘Chandler’ almacenado en atmósfera controlada (AC) con 5% y 10% de CO_2 . Además, Peano et al. (2013) menciona que una AM con 15% de CO_2 mantienen el contenido de sólidos solubles.

Figura 9.

Prueba de Tukey para la variable SST.



Acidez Titulable (AT). Los datos se presentaron como no paramétricos al no cumplir con el supuesto de homogeneidad de varianza, debido a esto se realizó la prueba Kruskal Wallis

(Tabla 16) misma que mostro diferencias significativas ($p < 0,05$), esto quiere decir que las AM en combinación con las temperaturas de refrigeración influyen en la conservación de la acidez del arándano. Sin embargo, Bugatti et al. (2020) no encontraron influencia de las AM combinadas con refrigeración (21 kPa O₂ y 0,03 kPa CO₂ con temperatura de refrigeración de 8°C) en la variable acidez del arándano almacenado por 13 días.

Tabla 16.

Prueba Kruskal Wallis de la Variable Acidez Titulable

Tratamientos	Medianas	Rangos	H	p
T1	0,85	12,67	13,28	0,0159
T4	0,75	4,5		
T5	0,85	14,17		
T2	0,75	4,5		
T3	0,86	15,17		
T6	0,75	6		

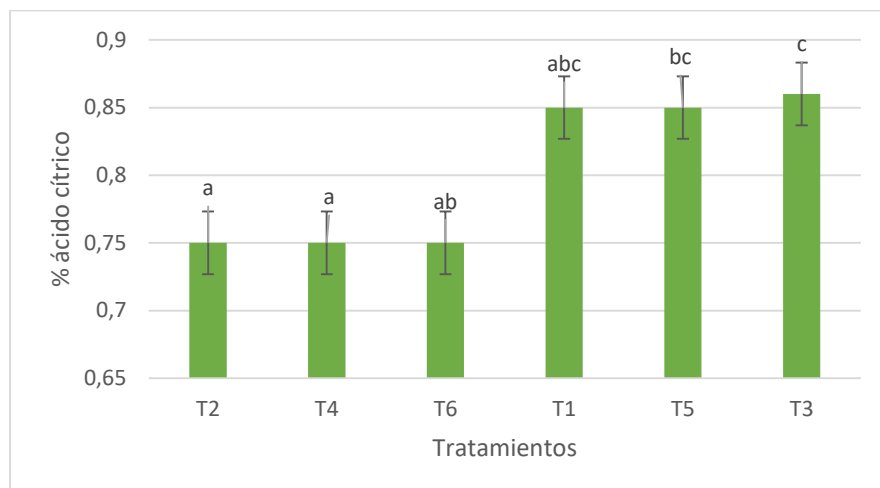
Al realizar la prueba de rangos (Figura 11) se encontró que los tratamientos almacenados a 5°C (T1, T3, T5) presentaron mejores características de conservación para la variable AT que aquellos almacenados a 8°C (T2, T4, T6), es decir, la baja temperatura combinada con las AM fueron claves para la conservación de la acidez titulable del arándano. Pinedo (2018) menciona que los valores de acidez expresados en % de ácido cítrico deben estar entre 0,81 a 1,55 para frutos frescos de arándano, los tratamientos a 5°C presentaron valores dentro del rango mencionado (0,85; 0,86; 0,85 respectivamente).

De acuerdo Buitrago et al. (2015), la respiración propia de la fruta provoca que los ácidos orgánicos sean usados como sustratos, lo que produce una disminución de la AT. De igual manera, Peano et al. (2015) menciona que durante el almacenamiento de arándano en AM (11,4 kPa O₂ y 10,8 kPa CO₂ a 10°C) “los principales sustratos del metabolismo respiratorio, azúcares y ácidos, se agotaron provocando cambios correspondientes en SST y AT durante el almacenamiento.” Por otra parte, Eum et al. (2013) menciona que elevadas temperaturas pueden provocar mayor disminución de AT en el arándano. Serrano (2017) han logrado conservar la AT del arándano por 24 días siendo almacenados a 5°C. Smrke (2021) ha reportado en su investigación, que el uso de una AM (25% CO₂, 5% O₂, 70% N₂) combinada con una temperatura de refrigeración de 1°C, logra preservar la AT por más de 15 días. De igual manera, los resultados obtenidos están de acuerdo con lo reportado por Mohebbi et al. (2015) en frutas de cereza almacenadas en una AM con concentraciones de 60%O₂ + 20%CO₂

a 1°C, quienes reportaron diferencias significativas entre los tratamientos con AM y el control (Aire atmosférico).

Figura 10.

Prueba de Rangos para la Variable Acidez Titulable



Índice de Madurez. Por otro lado, el ANOVA de la variable IM (Tabla 17) mostró diferencias mínimamente significativas para el factor A (Concentraciones), diferencias altamente significativas para el factor B (Temperaturas) y no existió diferencias para la interacción (AxB); es decir, las concentraciones, así como las temperaturas de refrigeración (5 y 8°C) influyen en la conservación de esta variable. La disminución de los SST y de la acidez titulable en los tratamientos explica el cambio del índice de madurez mismo que antes del almacenamiento fue de $16,05 \pm 0,67$.

Tabla 17.

ANOVA de la variable Índice de Madurez

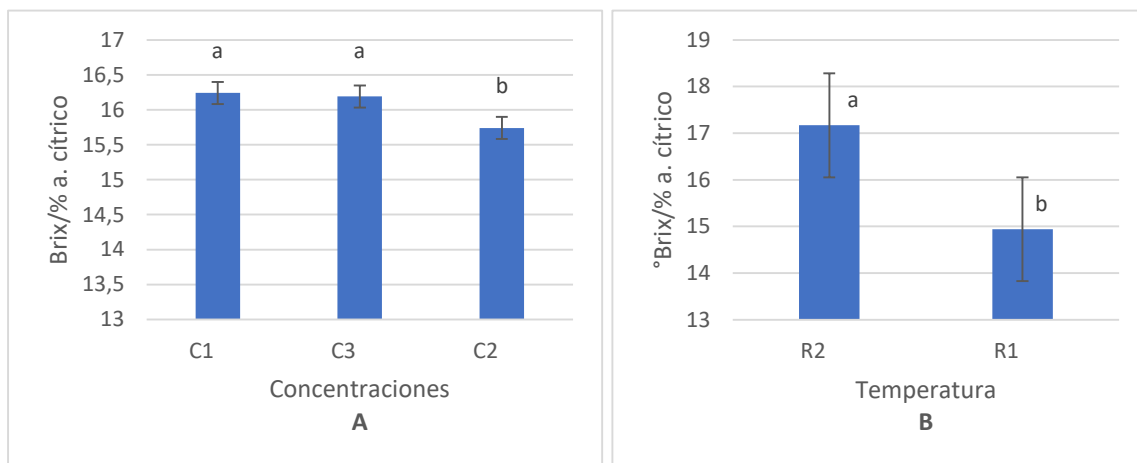
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	23,71	5	4,74	62,44	<0,0001 ***
FACTOR A	0,9	2	0,45	5,93	0,0162 *
FACTOR B	22,38	1	22,38	294,73	<0,0001 ***
FACTOR A*FACTOR B	0,43	2	0,21	2,81	0,0995 ns
Error	0,91	12	0,08		
Total	24,62	17			

*Nota. SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadros medios, F: f tabular, ***: Diferencias Altamente significativas, *: Diferencias significativas, ns: Diferencia no significativa.*

Al existir significancia para los factores A y B se realizó la prueba DMS, en la figura 11-A se puede observar que el efecto de las concentraciones con bajos niveles de oxígeno respecto al ambiental (C2) en el almacenamiento de arándanos, no presentan diferencias estadísticas al efecto de los arándanos almacenados en aire (C1). No obstante, las dos concentraciones difieren de la concentración superatmosférica (C3). Por otro lado, la prueba DMS para el factor B (Figura 11-B), mostró que los arándanos almacenados a 5 °C (R1) se conservaron en mayor medida que a 8°C (R2) con respecto al IM. Lo que puede ser debido a que mientras más bajas sean las temperaturas de refrigeración el contenido de SST y así como el contenido de ATT presentará mayor conservación (Serrano et al. 2017). De acuerdo con Buitrago et al. (2015) en cualquier caso, el incremento del IM se debe al resultado de la reducción de la ATT e incremento de los SST en proporción directa con el grado de madurez. Además, los autores mencionan que entre más bajo es el IM se obtiene mejor calidad en el fruto. Por lo que, la mejor temperatura para el almacenamiento de arándanos es a 5°C. Lo que concuerda con lo reportado en la investigación realizada por Serrano et al. (2017), la temperatura de 5°C no provocó cambios significativos en el IM, no obstante, en los tratamientos almacenados con temperaturas iguales y superiores a 10°C, los valores de los SST y la acidez se vieron afectados, por lo que a su vez el IM aumento significativamente.

Figura 11.

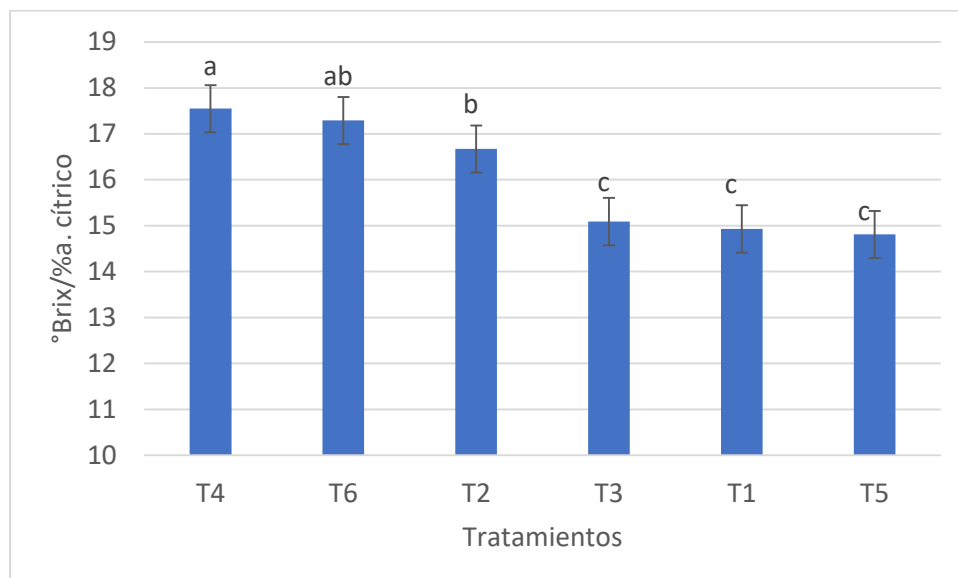
Prueba DMS del Factor A y B (IM).



La prueba Tukey mostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos a 5°C (T3, T1 y T5) frente a los almacenados a 8°C (T4, T6 y T2); lo que da entender que las bajas temperaturas de refrigeración son clave en la conservación del índice de madurez del arándano almacenado en AM. Además, el mejor tratamiento fue al que se le aplicó una AM

con una concentración de O₂ de 7% y CO₂ de 12% bajo refrigeración a 5°C. Lo que concuerda con lo reportado por Rodríguez Beraud et al., (2015) quienes han encontrado que arándanos almacenados con niveles bajos de O₂ almacenado a bajas temperaturas (0°C) logran conservar los SST y la acidez titulable debido a que se disminuye la tasa de respiración de la fruta. Por otro lado, todos los tratamientos presentaron valores de IM dentro del rango mencionado por Buitrago et al. (2015), quienes señalan que los arándanos deben presentar un IM entre 10 y 33, a la par estos autores hacen referencia a un intervalo entre 8,9 y 35,6, debido a que esto depende de la variedad, en su investigación la variedad *Coastal* presentó el de mayor IM (35,6) seguido de *Elliot* (9,0) y *Lateblue* (8,9) con los valores más bajos.

Figura 12. Prueba Tukey variable IM



pH. El ANOVA se presenta en la Tabla 18, no se encontró diferencias significativas tanto para los factores, como para la interacción, es decir que los rangos estadísticos son relativamente parecidos o equivalentes. Por lo cual decimos que las concentraciones de gases y las temperaturas de refrigeración no influyen en la conservación del pH. Concuerda con lo reportado por Koort et al. (2018) en su investigación “Comparison of regular atmospheric storage versus modified atmospheric packaging on postharvest quality of organically grown lowbush and half-highbush blueberries” tampoco se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con AM y el tratamiento control (Aire atmosférico) almacenados bajo refrigeración (3°C) después de 15 días de almacenamiento.

Tabla 18.*ANOVA de la variable pH*

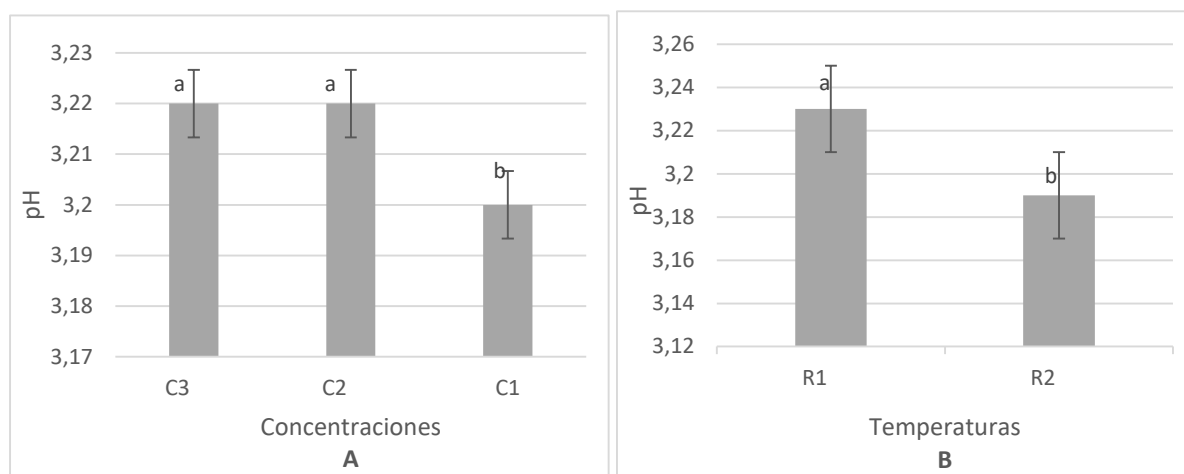
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo	0,03	5	0,01	93,33	<0,0001	***
FACTOR A	1,40E-03	2	6,90E-04	10,33	0,0025	*
FACTOR B	0,01	1	0,01	133,33	<0,0001	*
INTERACCIÓN AXB	0,02	2	0,01	156,33	<0,0001	*
Error	8,00E-04	12	6,70E-05			
Total	0,03	17				

*Nota. SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadros medios, F: f tabular, ***: Diferencias Altamente significativas, *: Diferencias significativas, ns: Diferencia no significativa.*

Al existir diferencias significativas en los factores A y B (Concentraciones y Temperaturas), se realizó la prueba DMS. En cuanto al factor A (Figura 13-A), las concentraciones C3 (O₂= 7% y CO₂= 12%) y C2 (O₂= 60% y CO₂= 20%) se presenta estadísticamente mejor respecto a C1 (Aire ambiental), concuerda con lo reportado por Moggia et al. (2014), quienes han encontrado que niveles bajos en O₂ permiten una mejor conservación de esta variable. De igual manera, Giuggioli et al. (2017) menciona que para lograr una mayor conservación del pH los valores de las concentraciones deben estar entre 17–18% de CO₂ y un valor de O₂ ≤ 9%. Una baja concentración de oxígeno dentro del envase permitiría que no exista una mayor acumulación de ácidos orgánicos o a su vez disminuiría la acumulación de iones H⁺ (Buitrago et. al, 2015). Por otro lado, en el factor B (Figura 13-B) la temperatura de 5 °C (R1) logró mayor conservación que la temperatura de 8°C (R2), esto concuerda con Giuggioli et. al (2017) quienes mencionan que las condiciones óptimas recomendadas para el almacenamiento de arándanos son 0 °C y a 5 °C, no obstante, Bugatti et al. (2020) han encontrado que en arándanos frescos envasados en AM durante 13 días a 8 °C, no se alteran las características fisicoquímicas del fruto entre ellas el pH.

Figura 13.

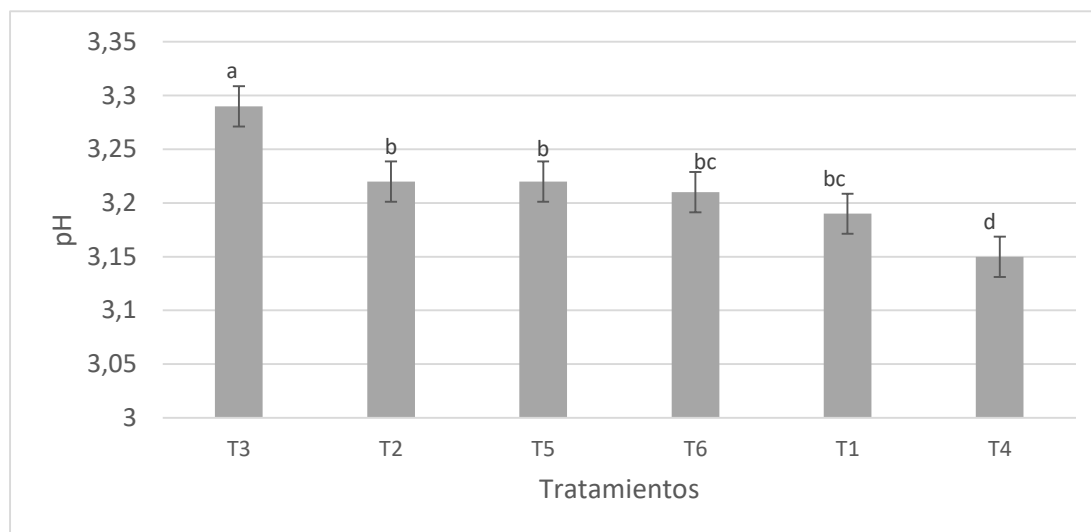
Prueba DMS del factor A y B de la variable pH.



El pH inició con un valor de $3,32 \pm 0,06$, luego de los 16 días de almacenamiento disminuyó en todos los tratamientos, especialmente en los testigos, de acuerdo con Ospina et al. (2008) la presencia de sustancias ácidas de origen fermentativo puede producir variaciones de pH debido a su baja capacidad tampón, sistemas amortiguadores que equilibran la presencia de sustancias ácidas y básicas para mantener el pH dentro de los límites fisiológicos, además Smrke et al. (2021) mencionan que en el almacenamiento de arándanos en AM se debe establecer una concentración tanto de O_2 y CO_2 adecuadas. De no serlo, se pueden producir fermentaciones que producen variaciones de pH, y esta combinación de gases es diferente para cada variedad. Sin embargo, a pesar de haber disminuido el pH en todos los tratamientos, los valores se encuentran dentro del rango que mencionan Coronel et al. (2019). La prueba Tukey (Figura 14) mostró que el tratamiento T3 ($O_2 = 7\%$ y $CO_2 = 12\%$ a $5^\circ C$) logró la mayor conservación de pH ($3,29 \pm 0,05$) frente al resto. La concentración con bajo nivel de oxígeno combinada con una baja temperatura de refrigeración permitieron la conservación de esta variable y concuerda con lo reportado por Smrke et al. (2021) quienes almacenaron arándano en AM con bajos niveles de oxígeno ($15\% CO_2$, $5\% O_2$, $80\% N_2$ a $5^\circ C$) y obtuvieron la máxima calidad del arándano.

Figura 14.

Prueba Tukey de la variable pH.



Color. La prueba Kruskal Wallis (Tabla 19) mostró que existen diferencias entre los tratamientos, por consiguiente, se realizó la prueba de rangos que se muestra en la Figura 15. De acuerdo con Díaz Rodríguez & Avila de-Hernández (2021) los arándanos después del almacenamiento presentan una reducción o pérdida de la floración cerosa, esto va a depender de la variedad de la fruta. Pasan de un azul púrpura brillante a un color azul oscuro. Además, de acuerdo van madurando los frutos, ocurre la pérdida de clorofila y la generación de metabolitos secundarios que influyen en el color y la producción de volátiles aromáticos.

Tabla 19.

Prueba Kruskal Wallis para la variable Color

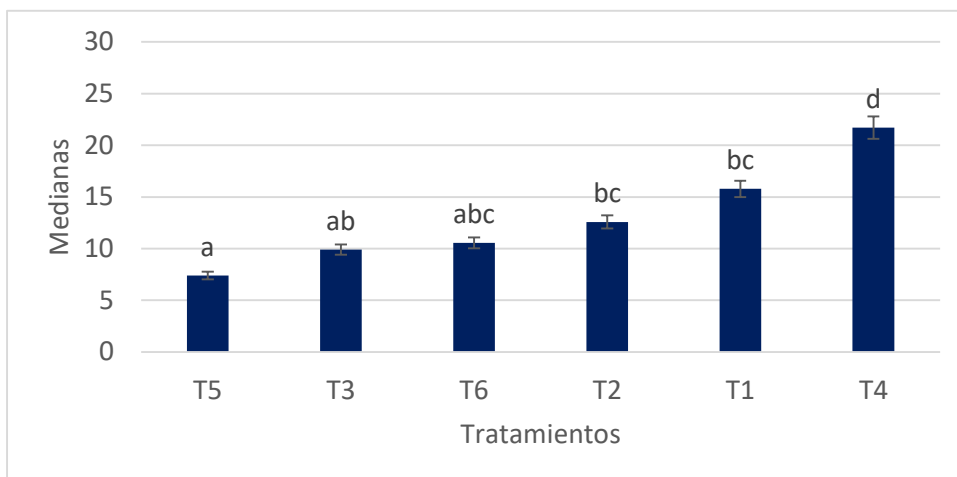
Variable	Medianas	H	p
T1	15,78	16,58	0,0054
T4	21,72		
T5	7,39		
T2	12,58		
T3	9,92		
T6	10,57		

La prueba de rangos mostró que los grupos estadísticos son muy parecidos y al observar los datos se puede asegurar que la diferencia no es tan marcada. No obstante, los tratamientos T5 (Concentración de O₂= 60% y CO₂= 20% con temperatura de refrigeración de 5°C) y T3

(Concentración de O₂= 7% y CO₂= 12% con temperatura de refrigeración de 5°C) presentan las diferencias más significativas frente a los testigos (T1 y T4). Los cambios de color en el fruto coinciden con lo reportado por Mohabbi et al. (2015), quienes en su investigación indican que los tratamientos con AM lograron mayor conservación de color a comparación con los testigos. De acuerdo con los autores podría explicarse por la disminución del contenido de antocianinas, pigmentos responsables del color morado del arándano. En la investigación realizada por Concha-Meyer (2015) menciona que frutos de arándano almacenados a 5°C con una AM de 20 kPa de CO₂ y aproximadamente 16 kPa de O₂ han sido beneficiosas para la conservación del color. Serrano et al. (2017) ha logrado mantener el color en arándano a 5°C durante cuatro semanas de estudio. Por otro lado, Smrke et al. (2021) lograron conservar el color del arándano almacenado con AM con 5% de CO₂ y lo atribuyen al aumento de antocianinas que surgió en dicho tratamiento. También se han reportado buenos resultados con la AM con elevados niveles de oxígeno, Mohebbi et al. (2015) han encontrado que una concentración de 60%O₂ + 20%CO₂ ayuda en la conservación del cambio de color en la superficie de la cereza *Cornus mas L.*

Figura 15.

Prueba de Rangos para la variable Color.



Cabe mencionar que al emplear atmósferas debe considerarse como un complemento al manejo de la temperatura y la humedad relativa. El posible beneficio o riesgo de su uso dependerá del producto (variedad, edad fisiológica), de la temperatura y la duración del almacenamiento (Alamar et al., 2017).

4.4.2. Características Funcionales

Al realizar el ANOVA a la capacidad antioxidante (CA), se muestra en la Tabla 20, se encontró diferencias altamente significativas para factores, interacción y tratamientos, es decir, la aplicación de AM en arándano almacenado en refrigeración influye en la conservación de la CA del fruto. De acuerdo con Smrke et al. (2017) las antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos son los responsables de otorgar la mayor CA en los arándanos. Los autores mencionan que al combinar diferentes tecnologías de conservación como AM y temperaturas de refrigeración se logra conservar la mayor parte de los compuestos fenólicos y las antocianinas del fruto, y por ende lograr una mayor CA.

Tabla 20.

ANOVA de la variable Capacidad Antioxidante.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo	15,32	5	3,06	730,65	<0,0001	***
FACTOR A	5,69	2	2,84	677,82	<0,0001	***
FACTOR B	8,89	1	8,89	2119,5	<0,0001	***
FACTOR A*FACTOR B	0,75	2	0,37	89,04	<0,0001	***
Error	0,05	12	4,20E-03			
Total	15,37	17				

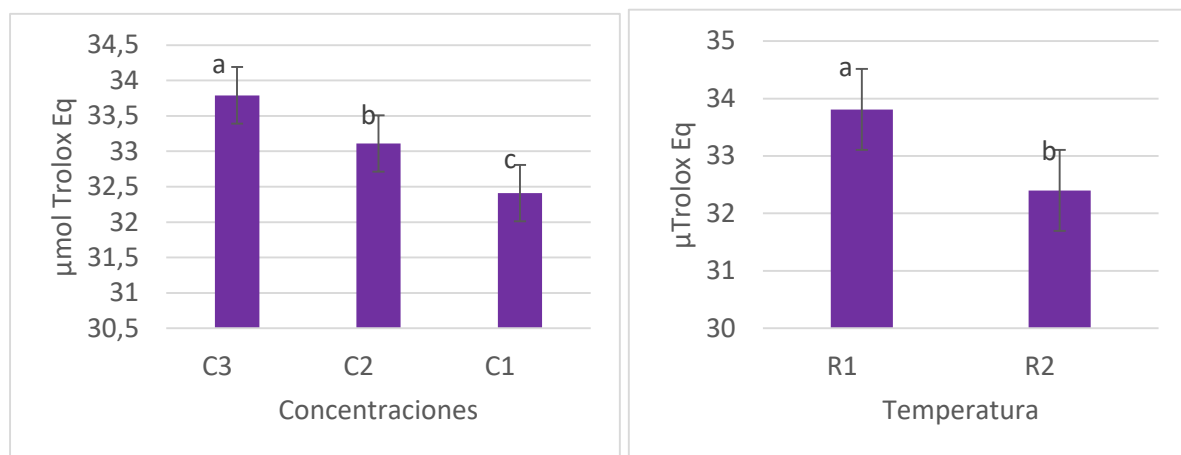
*Nota. SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadros medios, F: f tabular, ***: Diferencias Altamente significativas.*

La prueba DMS para el factor A (Concentraciones) muestra que con las altas y bajas concentraciones se alcanzan valores superiores de CA a los encontrados con el testigo (C1). De las concentraciones la que contiene de O₂=7% y CO₂=12% (C3) presenta las mejores características de conservación frente al resto. Lo que concuerda con Díaz et al. (2015) quienes han encontrado que una atmósfera de 10 % O₂ + 15 % CO₂ reducen la tasa respiratoria de la fruta y logran la conservación de compuestos bioactivos esto hace que la CA no se vea significativamente afectada. De igual manera Catuneanu et al. (2017) reporta que una AM con 5% de CO₂ logra mantener la CA por tiempo prolongados. Por otro lado, Rodriguez et al. (2015) han reportado que altos niveles de oxígeno en la AM (60 a 100%) inhiben significativamente la aparición de enfermedades de postcosecha evitando el crecimiento microbiano, el pardeamiento enzimático y prevenir reacciones de fermentación anaeróbica lo que reduce significativamente los cambios en la CA. En cuanto a la prueba DMS para el factor B (Temperaturas), muestra que a 5 °C (R1) se logra una mayor conservación de CA que a 8°C

(R2). Esto es debido a que las bajas temperaturas retardan la maduración de la fruta y logra que la concentración de compuestos antioxidantes dentro del fruto se conserve. Serra et al. (2017) ha logrado conservar la capacidad antioxidante del arándano almacenado a 5°C hasta por 4 semanas. De igual manera, Koort (2018) menciona que la alta capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos se logra mantener en frutos de arándano almacenados a 4 °C.

Figura 16.

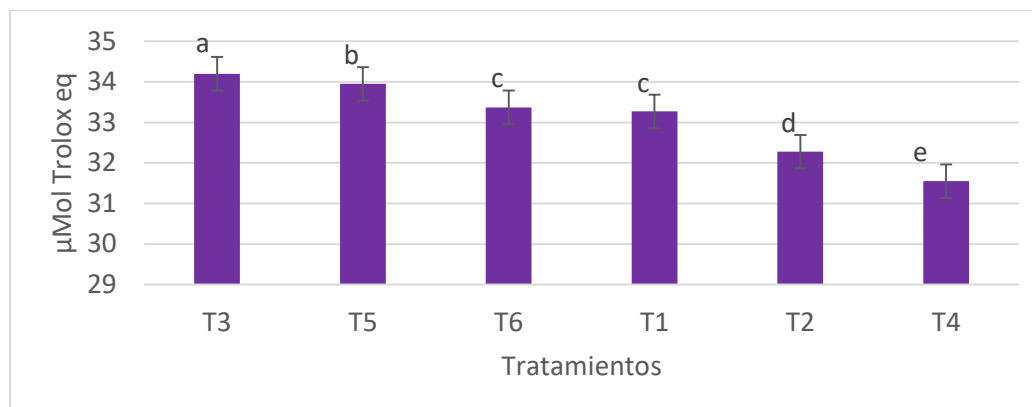
Prueba DMS de los Factores A y B para la Variable Capacidad Antioxidante



En la prueba de Tukey (Figura 17) que a excepción del T6 y T1, todos los tratamientos son diferentes. Se aprecia que tratamientos con la misma concentración y diferente temperatura (T3 y T6; T5 y T2), difieren mucho el uno del otro. Lo que da a entender que la combinación entre concentraciones y temperaturas afectan a la conservación de la CA, además, los dos mejores tratamientos (T3 y T5) son los almacenados a 5°C. Como ya se ha menciona bajas concentraciones ($\text{O}_2=7\%$ y $\text{CO}_2=12\%$) combinadas con bajas temperaturas (5°C) de almacenamiento disminuyen la tasa de respiración del fruto, inhiben el crecimiento microbiano, evita la maduración y pudriciones, factores que generan la disminución de antioxidantes debido a que estos actúan eliminando los radicales libres.

Figura 17.

Prueba de Tukey para la variante Capacidad Antioxidante



El ANOVA del contenido de Vitamina C se muestra en la Tabla 21, en él se muestra que tanto los factores, la interacción y los tratamientos presentan diferencias altamente significativas. Al igual que en la CA, la aplicación de AM con temperaturas de refrigeración tiene un efecto en la conservación del contenido de Vitamina C.

Tabla 21

ANOVA del contenido de Vitamina C

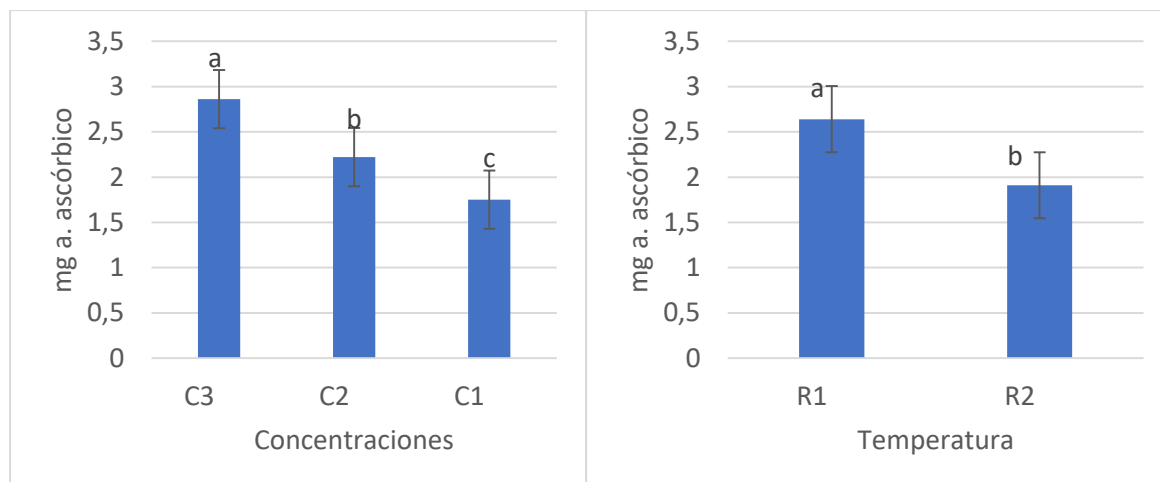
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo	7,42	5	1,48	3659,42	<0,0001	***
FACTOR A	3,75E+00	2	1,87E+00	4622,97	<0,0001	***
FACTOR B	2,41	1	2,41	5949,05	<0,0001	**
FACTOR A*FACTOR B	1,26	2	0,63	1551,05	<0,0001	***
Error	4,90E-03	12	4,10E-04			
Total	7,43	17				

*Nota. SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadros medios, F: f tabular, ***: Diferencias Altamente significativas, **: Diferencias significativas, ns: Diferencia no significativa.*

La prueba DMS para los factores A y B se muestra en la Figura (18), con respecto al factor A (Concentraciones), las concentraciones C3 y C2 se muestran superiores al testigo (C1). Los bajos niveles de oxígeno permitieron la conservación del ácido ascórbico en el fruto, de acuerdo con Ruelas et al. (2013), una AM con oxígeno reducido y niveles elevados de dióxido de carbono por encima del 10 %, han demostrado reducir la pérdida de ácido ascórbico y extender la vida postcosecha de numerosas variedades de frutas y hortalizas. De igual manera, Díaz-(Concha-Meyer et al., 2015; Díaz Rodríguez & Avila de-Hernández, 2021) ha encontrado que frutos almacenados en AM en los que se ha reducido el O₂ han permitido tener valores más altos de vitamina C.

Figura 18.

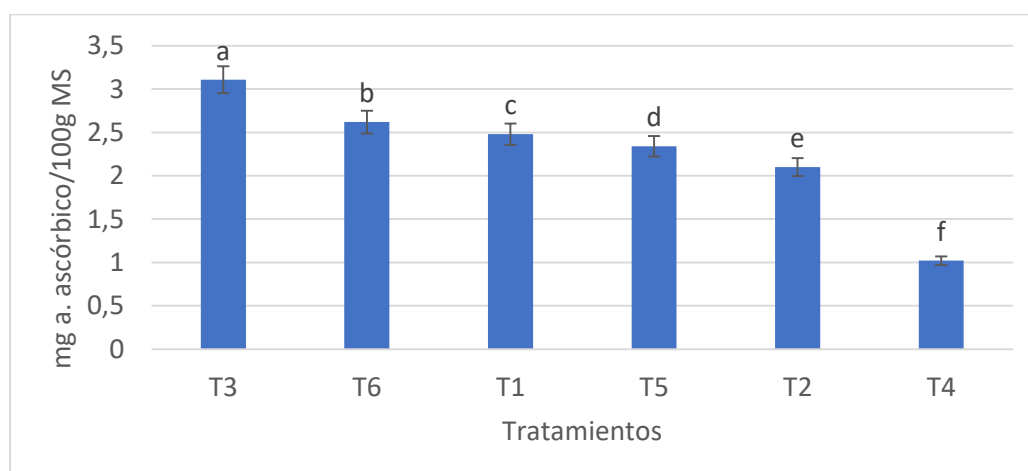
Prueba DMS para los factores A y B (Vitamina C)



La prueba DMS para el factor B (Temperaturas), muestra que a 5°C (R1), se logra mayor conservación del contenido de vitamina C. Esto concuerda con lo reportado por Santa Cruz et al. (2018) quienes evaluaron el tiempo de vida útil del arándano durante su almacenamiento en AM refrigerados a 5°C y encontraron que estas condiciones permitieron su mayor conservación del contenido de ácido ascórbico ($51,67 \pm 0.02$ mg/ml) durante 20 días de almacenamiento. De igual manera, Santa Cruz et al. (2018) ha encontrado que los arándanos almacenados a 5°C, con 20 días de almacenamiento, en empaque de alta densidad y atmosfera modificada con 10-12% CO₂ han presentaron mayor conservación de la Vitamina C.

Figura 19.

Prueba Tukey para los tratamientos (Vitamina C)



Se puede observar en la Tabla 22 una recopilación de las características fisicoquímicas, capacidad antioxidante y vitamina C de todos los tratamientos después de ser almacenados

durante 16 días. Se evidencia que el tratamiento T3 presenta el mejor comportamiento después del almacenamiento, es decir, se obtuvo características tanto fisicoquímicas como funcionales muy cercanas a las de la materia prima.

Tabla 22.

Resumen de los tratamientos después de 16 días de almacenamiento en AM.

Tratamientos	pH	Color	CA	Vitamina C
MP	3,32	0,00	37,47	9,09
T1 (Testigo)	3,19 ^{bc}	15,78 ^{cd}	33,27 ^c	2,48 ^c
T2	3,22 ^b	12,58 ^{bcd}	32,28 ^d	2,1 ^e
T3	3,29^a	9,92 ^{ab}	34,2^a	3,11^a
T4 (Testigo)	3,15 ^d	21,72 ^d	31,55 ^e	1,02 ^f
T5	3,22 ^b	7,39^a	33,95 ^b	2,34 ^d
T6	3,21 ^{bc}	10,57 ^{abc}	33,37 ^c	2,62 ^b

CAPITULO V

CONCLUSIONES

La aplicación de la DO al arándano produjo una variación tanto en las características fisicoquímicas como funcionales. Siendo el más afectado el contenido de vitamina C que presentó una reducción de 16,17%.

Las concentraciones utilizadas en esta investigación permitieron la estabilidad en el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante, no obstante, se observó mayor contenido y estabilidad en ambas propiedades de los tratamientos almacenados a 5 °C, debido a que en estas condiciones se inhiben las enzimas causantes de la degradación de los compuestos funcionales.

Las técnicas combinadas de conservación influyen en las características funcionales y fisicoquímicas del arándano. Los tratamientos analizados durante 16 días con bajos niveles de oxígeno a bajas temperaturas ($O_2=7\%$ y $CO_2=12\%$ a $5^\circ C$) presentaron una conservación de las propiedades funcionales de un 91,27% en capacidad antioxidante y 34,21% de vitamina C con respecto a la materia prima inicial.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

Definir los parámetros óptimos (temperatura, tiempo, concentración de azúcar) en la tecnología de conservación de deshidratación osmótica que permitan la conservación del contenido de vitamina C.

Realizar un análisis microeconómico a las tecnologías de conservación (DO, AM, Refrigeración) que permitiría conocer la factibilidad de su aplicación para el almacenamiento de arándano.

Realizar el estudio del comportamiento de diferentes antioxidantes como los polifenoles y las antocianinas a lo largo del almacenamiento de arándano en AM.

Analizar la humedad relativa durante el almacenamiento de arándano en AM, para controlar las alteraciones de las propiedades fisicoquímicas.

Realizar un análisis microbiológico para identificar el tipo de microorganismos presentes.

Alargar el experimento con la fruta para determinar el tiempo de vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. (2015). Procesos de conservación de alimentos. In *Colección de Tecnología de Alimentos*.
- Alamar, M. C., Collings, E., Cools, K., & Terry, L. A. (2017). Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 134, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.08.003>
- Alsmairat, N., Contreras, C., Hancock, J., Callow, P., & Beaudry, R. (2011). Use of Combinations of Commercially Relevant O₂ and CO₂ Partial Pressures to Evaluate the Sensitivity of Nine Highbush Blueberry Fruit Cultivars to Controlled Atmospheres. *HortScience*, 46(1), 74–79. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.1.74>
- Alvis-Bermudez, A., García-Mogollon, C., & Dussán-Sarria, S. (2016). Cambios en la textura y color en mango (Tommy Atkins) pre-secado por deshidratación osmótica y microondas. *Informacion Tecnologica*, 27(2), 31–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000200005>
- Anticona Barreto, M. L., Frígola Cánoves, A., & Esteve Mas, M. J. (2016). Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. *Ucv-Scientia*, 8(1), 13–21. <https://doi.org/10.18050/revucv-scientia.v8n1a1>
- Aponte, A., Alfredo, A., Cuartas, G., Julián, C., & Cock, S. (2015). *CINÉTICAS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PITAHAYA AMARILLA (Selenicereus megalanthus)*.
- Arándano : *Propiedades y beneficios del arándano | Perú Info*. (2019). <https://peru.info/es-pe/superfoods/detalle/super-arandano>
- Arreola, S. I., & Rosas, M. E. (2007). Aplicación de vacío en la deshidratación osmótica de higos (ficus carica). *Informacion Tecnologica*, 18(2), 43–48. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642007000200006>
- Arteaga, H., Espinoza, M., Aguilar, J., & Cruz, M. S. (2015). *Efecto De La Osmodeshidratación Sobre El Contenido De Antocianinas Y Capacidad De Rehidratación De Arándanos Liofilizados*. 5, 167–175.
- Barrios, J. (2007). “EFECTOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE ARÁNDANO cv. ELLIOT (*Vaccinium corymbosum* L) BAJO MALLAJE DE SOMBRA PARA.
- Bello, F., Almiron, N., Beltramini, N., & Vanquez Daniel. (2015). *COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DE VARIEDADES PATENTADAS DE ARÁNDANOSCULTIVADAS EN ENTRE RÍOS*. 13(1), 31–36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81324433005>
- Bof, M. J. (n.d.). *ESTRATEGIAS PARA PRESERVAR ARÁNDANOS UTILIZANDO ENVASES BIODEGRADABLES por*.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (2016). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 46(1), 194–202. <https://doi.org/10.3906/sag-1411-35>
- Buitrago Guacaneme, C. M., Rincón Soledad, M. C., Balaguera López, H. E., & Ligarreto Moreno, G. A. (2015). Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7521–7531. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47840>
- Bugatti, V., Cefola, M., Montemurro, N., Palumbo, M., Quintieri, L., Pace, B., & Gorrasi, G. (2020).

- Combined effect of active packaging of polyethylene filled with a nano-carrier of salicylate and modified atmosphere to improve the shelf life of fresh blueberries. *Nanomaterials*, 10(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/nano10122513>
- Buitrago Guacaneme, C. M., Rincón Soledad, M. C., Balaguera López, H. E., & Ligarreto Moreno, G. A. (2015). Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7521–7531. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47840>
- Catuneanu, I. B., Badulescu, L., Dobrin, A., Stan, A., & Hoza, D. (2017). the Influence of Storage in Controlled Atmosphere on Quality Indicators of Three Blueberries Varieties. *Scientific Papers-Series B-Horticulture*, 61(2014), 91–100.
- Cocetta, G., Mignani, I., & Spinardi, A. (2015). Effects of long-term storage on highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) antioxidant quality. *Acta Horticulturae*, 1071, 477–482. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.61>
- Concha-Meyer, A., Eifert, J. D., Williams, R. C., Marcy, J. E., & Welbaum, G. E. (2015). Shelf life determination of fresh blueberries (*vaccinium corymbosum*) stored under controlled atmosphere and ozone. *International Journal of Food Science*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/164143>
- Coronel, L., Pérez, J., & León, N. (2019). Influence of different encapsulating agents on the retention of vitamin C in the blueberry juice (*Vaccinium corymbosum*) atomized. *Agroindustrial Science*, 9(1), 47–52. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.06>
- Crisóstomo, N. M., Hernández, A. O., López, J., Manjarrez, C., & Pinedo-Alvárez, A. (2018). Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 525–532. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.956>
- Defilippi, B., Robledo, P., & Becerra, C. (2013). *Manejo de cosecha y poscosecha en arándano*.
- Díaz Rodríguez, L. B., & Avila de-Hernández, R. M. (2021). Tecnologías postcosecha para promover la vida de anaquel de frutos pequeños. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(1), 29–49. <https://www.redalyc.org/journal/813/81367929004/81367929004.pdf>
- Espinoza Estaba, A., Landaeta Coa, G., Méndez Natera, J. R., & Núñez Calcaño, A. (2006). Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en soluciones de sacarosa. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1), 121–127.
- Eum, H. L., Hong, S. C., Chun, C., Shin, I. S., Lee, B. Y., Kim, H. K., & Hong, S. J. (2013). Influence of temperature during transport on shelf-life quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. cvs. Bluetta, Duke). *Horticulture Environment and Biotechnology*, 54(2), 128–133. <https://doi.org/10.1007/s13580-013-0114-y>
- Falagán, N., Miclo, T., & Terry, L. A. (2020). Graduated Controlled Atmosphere: A Novel Approach to Increase “Duke” Blueberry Storage Life. *Frontiers in Plant Science*, 11(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00221>
- Ferreira, J. J., & Negrillo, A. C. (2016). *Aplicación del análisis de imágenes en la caracterización del fruto de variedades de arándano*.
- Figuerola, D., Guerrero, J., & Bensch, E. (2010). Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en poscosecha de arándano alto (*Vaccinium Corymbosum* L.), CVS.

- BERKELEY, BRIGITTA Y ELLIOTT DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006. *Idesia*, 28(1), 79–84. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292010000100011>
- Flores- Aguilar, E., & Flores-Rivera, E. del P. (2018). Estabilidad de Antocianinas, Fenoles totales y Capacidad Antioxidante de Bebidas de Maíz Morado (*Zea mays* L.) y Uña de Gato (*Uncaria tomentosa* sp). *Información Tecnológica*, 29(2), 175–184. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200175>
- García, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R., & Encinas, J. (2018). Osmotic dehydration improves the quality of dehydrated Ananas comosus. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 349–357. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.06>
- Germer, S. P. M., Morgano, M. A., da Silva, M. G., Silveira, N. F. de A., & Souza, E. de C. G. (2016). Effect of reconditioning and reuse of sucrose syrup in quality properties and Cevallos, J. (2016). *Propuesta Para La Creación De Una Mermelada A Base Del Arándano "Vaccinium Corimbosium" Su Difusión Y Comercialización En La Ciudad De Guayaqui* (Issue June).
- Giuggioli, N. R., Girgenti, V., & Peano, C. (2017). Qualitative Performance and Consumer Acceptability of Starch Films for the Blueberry Modified Atmosphere Packaging Storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(2), 129–136. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0023>
- Gonzalez, A. (2019). *Principios de Bioquímica Clínica Y Patología Molecular - Google Libros*. https://books.google.com.ec/books?id=oACiDwAAQBAJ&lpg=PP1&hl=es&pg=PP1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Jurikova, T., Skrovankova, S., Mlcek, J., Balla, S., & Snopek, L. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity, and biological effects of European cranberry (*vaccinium oxycoccos*). *Molecules*, 24(1). <https://doi.org/10.3390/molecules24010024>
- Kaume, L., Howard, L. R., & Devareddy, L. (2012). The blackberry fruit: A review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 5716–5727. <https://doi.org/10.1021/jf203318p>
- Koort, A., Moor, U., Pöldma, P., Kaiser, C., & Starast, M. (2018). Comparison of regular atmospheric storage versus modified atmospheric packaging on postharvest quality of organically grown lowbush and half-highbush blueberries. *Sustainability (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/su10113916>
- Londoño, J. (2012a). *Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad* (Corporació, pp. 129–162).
- Márquez, C. J., Otero, C. M., & Rojano, B. A. (2014). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* S.) EN POSCOSECHA ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHENOLIC COMPOUNDS CONCENTRATION OF TREE TOMATO (*Cyphomandra betacea* S.) IN POSTHARVEST. 19(2).
- Moggia, C., Lobos, G. A., & Retamales, J. B. (2014). Modified atmosphere packaging in blueberries: Effect of harvest time and moment of bag sealing. *Acta Horticulturae*, 1017, 153–158. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.16>
- MOHEBBI, S., MOSTOFI, Y., ZAMANI, Z., & NAJAFI, F. (2015). Influence of Modified Atmosphere Packaging on Storability and Postharvest Quality of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Fruits. *Notulae Scientia Biologicae*, 7(1), 116–122. <https://doi.org/10.15835/nsb.7.1.9397>

- Munitz, M. S. (2013). Arándanos: micoflora contaminante, micotoxinas, residuos de fungicidas y cinéticas de degradación. 355.
https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n5270_Munitz.pdf
- Ospina, S., & Cartagena, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
- Ospina Meneses, C., Marcela, S., Valenzuela, C., & Régulo, J. (2008). Revista Lasallista de Investigación. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695502>
- Pannunzio, A., Vilella, F., Texeira, P., & Premuzik, Z. (2011). Impacto de los sistemas de riego por goteo en ar?ndanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(1), 3–8.
<https://doi.org/10.1590/s1415-43662011000100001>
- Parzanese, M. (2016). Deshidratación osmótica. *Tecnología Para La Industria Alimentaria, Deshidratación Osmótica.*, 1–11. **Error! Hyperlink reference not valid.**
- Peano, C., Briano, R., Giuggioli, N. R., Girgenti, V., & Sottile, F. (2015). Evolution of qualitative characteristics during blueberry fruit storage in a modified atmosphere. *Acta Horticulturae*, 1071, 343–348. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.43>
- Pinedo, S. (2018). Caracterización fisicoquímica y organoléptica de variedades comerciales de arándano y otras especies del genero Vaccinium Physicochemical and organoleptic characterization of commercial varieties of cranberry and other species of the genus Vaccinium. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(3), 52–58.
- Restrepo Flórez, C. E., Montes Álvarez, J., Gómez Álvarez, L. M., & Cano Salazar, J. A. (2013). Efectos del empaqueo en atmósferas modificadas para la conservación de arepa de maíz. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 102–111.
- Rodríguez Beraud, M., Wyss Valdés, A., & Hormazábal Vásquez, ; Nelson. (2015). Evaluation of modified atmosphere bag and sulphur dioxide concentrations applied on highbush blueberries fruit (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 259-270. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.03>
- Ruelas, X., De La Cruz, M., Reyes, L., Valdivia, B., Contreras, J., Montañez, J., Aguilera, A., & Darío Peralta, R. (2013). Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles. *Revista Científica e La Universidad Autónoma de Noahuila*, 5(9), 31–37. <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/?p=585>
- Salinas, M. (2015). *Cuantificación de antioxidantes en alimentos naturales y artificiales*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Sandoval, L. (2018). *FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL*.
- Santa Cruz Mego, B., Andrea Asesor, L., & López Walter Bernardo, S. (2018). "EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL ARÁNDANO (*Vaccinium Corymbosum*) FRESCO.
- Santander-M., M., Osorio, O., & Mejía-España, D. (2017). Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida mixta durante almacenamiento refrigerado. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 84.
<https://doi.org/10.22267/rcia.173401.65>

- Serrano, B., Bautista, P., & Juárez, N. (2017). Comportamiento bajo temperaturas de refrigeración, del fruto de arándano (*vaccinium*). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 6, 283–300.
- Smrke, T., Weber, N. C., Veberic, R., Hudina, M., & Jakopic, J. (2021). Modified atmospheric CO₂ levels for maintenance of fruit weight and nutritional quality upon long-term storage in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'liberty.' *Horticulturae*, 7(11). Vázquez-Castilla, S., Guillén-Bejarano, R., Jaramillo-Carmona, S., Jiménez-Araujo, A., & Rodríguez Arcos, R. (2012). *FUNCIONALIDAD DE DISTINTAS VARIEDADES DE ARANDANOS*. 1–16.
- Valenzuela, J. Á. L., Juárez, F. J. V., Torres, S. L. M., Angulo, G. L., & García, M. O. V. (2011). Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha y nutricional del tomate. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 17(2), 115–128.
- Zapata, L., Heredia, A., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H., & Carlazara, G. (2013). Evaluación De Parámetros De Calidad Que Ayuden a Definir La Frecuencia De Recolección De Bayas De Arándanos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), 186–194.

ANEXO 1

NMX-F-428-1982. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (MÉTODO RÁPIDO DE LA TERMOBALANZA). FOODS. DETERMINATION OF MOISTURE (THERMOBALANCE RAPID METHOD). NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma participaron los siguientes Organismos:

Gerber Products de México, S. A de C.V.

Cámara Nacional de la Industria de Transformación

Departamento de Normas.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para determinar la humedad en trigo, harinas, pastas, frutas secas y alimentos en forma de puré (Método rápido de la termobalanza).

2. FUNDAMENTO

La humedad es tomada como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar.

3. APARATOS Y EQUIPO

- Balanza de determinación de humedad equipada con una lámpara infrarroja de 250 W.
- Fuente de potencia tipo 120 V, C.A.
- Amperímetro de 120 V, C.A. ó 2000 mA.
- Platillos de aluminio.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Soltar el sujetador del plato para muestra, revisándolo para asegurarse de que el plato corre libremente sobre su soporte finamente punteado, y que esté limpio y seco.

4.2 Ajustar al 0 y 100 %.

4.3 Determinar 5 g de la muestra pesada en la misma balanza y distribuirla cuidadosamente y uniformemente en el platillo.

4.4 Con la fuente de potencia debidamente ajustada, bajar la tapa de la balanza. La muestra comenzará a perder humedad y la manecilla se moverá hacia arriba.

Después de pasado un tiempo de 10 a 20 minutos, deberá tomarse la lectura, y si

RECOPIADO POR:

EL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS

ésta permanece estable durante 2 minutos se registrará como porcentaje total de humedad.

5. REPETIBILIDAD

La diferencia entre los valores extremos de una serie de determinaciones efectuadas a unas mismas muestras por un mismo analista, no debe ser mayor de 0.5 % del valor promedio de todas las determinaciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

Método de prueba de Gerber Products, S.A.

Fecha de aprobación y publicación: Octubre 7, 1982.

PRODUCTOS PARAISO DEL ECUADOR

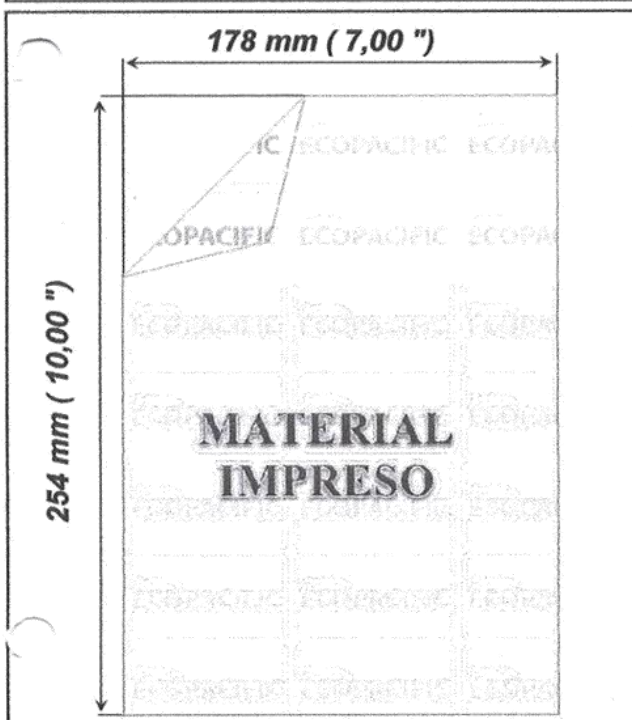
DIVISION POLIETILENO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CLIENTE	ECOPACIFIC EMPRESA COMERCIAL DEL PACIFICO S.A
REFERENCIA	SAMBO PICADO

FUNDAS POR PAQUETE	100	TIPO DE EMPAQUE
FUNDAS POR BULTO	4.000	
CODIGO	4394.07	
		TRADICIONAL TRANSPARENTE

MATERIAL	POLIETILENO EXTRUIDO DE BAJA DENSIDAD
-----------------	--



ESPECIFICACIONES DE MEDIDAS

PARAMETRO	MEDIDAS	TOLERANCIA
ANCHO	178 mm (7,00 ")	± 5%
LARGO	254 mm (10,00 ")	± 5%
ESPESOR	88,9 μ (3,50 mils)	± 10%

COLORES DE IMPRESIÓN

COLORES ANVERSO	COLORES REVERSO
NEGRO	BLANCO
BLANCO	NEGRO
NARANJA 130C	VERDE 349C
NARANJA 151C	
VERDE 349C	

EMPAQUES IMPRESOS utilizamos SISTEMA DE CONTROL DE COLOR X-RITE que garantiza la uniformidad del color y la fidelidad con los colores aprobados por nuestros clientes en cada uno de los lotes de producción fabricados.

PROPIEDADES DEL PRODUCTO

ESPECIFICACIONES	VALORES	NORMAS
RESISTENCIA AL DESGARRE MD (gf.)	600	ASTM D-1922 (1)
RESISTENCIA AL DESGARRE TD (gf.)	1.200	ASTM D-1923
RESISTENCIA AL IMPACTO (g)	>600	ASTM D-1709
ESFUERZO DE RUPTURA MD/TD (MPa).	24/26	ASTM D-882
DEFORMACIÓN POR RUPTURA MD/TD (%).	100/150	ASTM D-883
SELLABILIDAD (° C)	100 ~ 105	PPE -1011

Para valoraciones en nuestros laboratorios aplica Norma ASTM

REGULACIONES PARA EL CONTACTO CON ALIMENTOS.

Los materiales usados en la fabricación de esta lámina, se encuentran dentro de la lista positiva y cumplen con las regulaciones FDA "Food and drugs administration" aptos para estar en contacto con alimentos según: FDA:21CFR parte177 §1520 FDA: 21 CFR 177.1520(c) 3.2(a) FDA: 21CFR parte175 §105 y § 320; parte 176 §125,180,200, 210 y 176(c) y que son utilizados para la elaboración de empaques para alimentos de consumo humano. No se permite el uso de material reciclado para este tipo de empaques.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL

Los paquetes deben almacenarse en bodegas o locales cerrados con techo en buen estado, ventilados, evitando condiciones adversas de humedad, exposición al sol o a la lluvia y excesivo calor. Deben estar aislados de materiales aromáticos, químicos y vapores. Evitar contaminación por plagas y polvo. Un período largo de almacenamiento puede causar alteraciones en las características y especificaciones técnicas del material. Teniendo en cuenta el manejo y las condiciones de almacenamiento, el material puede conservar sus propiedades hasta 6 meses, sin embargo recomendamos utilizar dentro de los primeros 4 meses desde su fabricación.

Ing. Ernesto Albán.

PRODUCTOS PARAISO DEL ECUADOR

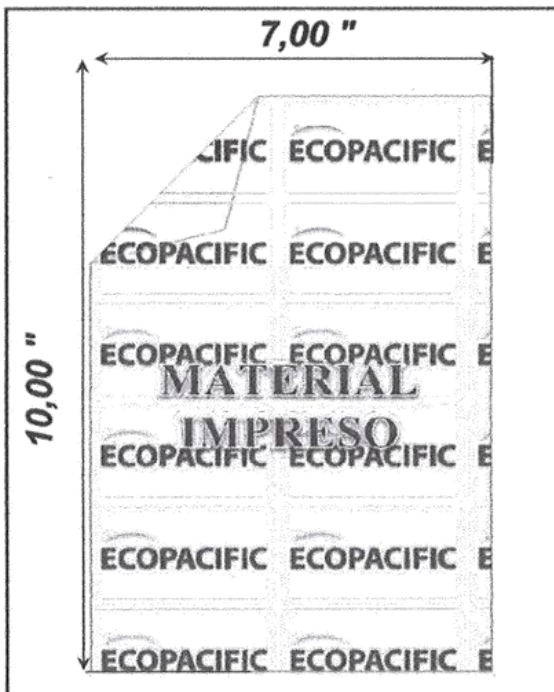
DIVISION POLIETILENO

CERTIFICADO DE CALIDAD DEL PRODUCTO

CLIENTE	ECOPACIFIC	FECHA	2 de enero de 2018
CANTIDAD	60.000	CODIGO	4394.07
FUNDAS POR BULTO	4.000	TIPO DE FUNDA	
FUNDAS POR PAQUETE	15	TRADICIONAL TRANSPARENTE	
NÚMERO DE LOTE	21217		
USO	EMPAQUE PRODUCTO TERMINADO REFERENCIA SAMBO PICADO		

MATERIAL

POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD



ESPECIFICACIONES DE MEDIDAS

PARAMETRO	MEDIDA	TOLERANCIA	REVISADO
ANCHO	7,00 "	±5 %	✓
LARGO	10,00 "	±5 %	✓
ESPESOR	3,50 mils	±10 %	✓
FUELLE LATERAL	--	--	--
FUELLE FONDO	--	--	--
LENGÜETA	--	--	--

COLORES DE IMPRESIÓN

ANVERSO		REVERSO	
COLOR	REVISADO	COLOR	REVISADO
1 NEGRO	✓	1 BLANCO	✓
2 BLANCO	✓	2 NEGRO	✓
3 NARANJA 130C	✓	3 VERDE 349C	✓
4 NARANJA151C	✓	4	
5 VERDE 349C	✓	5	
6		6	

PROPIEDADES DEL PRODUCTO

ESPECIFICACION	REVISADO
RESISTENCIA LONGITUDINAL	✓
RESISTENCIA TRANSVERSAL	✓
CARGA DE RUPTURA	✓
BLOQUEO DE MATERIAL	✓
TRATADO SUPERFICIAL DE MATERIAL	✓
ADHERENCIA DE LA TINTA	✓
RESISTENCIA DE SELLOS	✓

Los materiales usados en la fabricación de este empaque, se encuentran dentro de la lista positiva y cumplen con las regulaciones FDA "Food and drugs administration" aptos para estar en contacto con alimentos según: FDA:21CFR parte177 §1520 FDA: 21 CFR 177.1520(c) 3.2(a) FDA: 21CFR parte175 §105 y § 320; parte 176 §125,180,200, 210 y 176(c) y que son utilizados para la elaboración de empaques para alimentos de consumo humano.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Los paquetes deben almacenarse en bodegas o depósitos cerrados con techo en buen estado, ventilados, evitando condiciones adversas de humedad, exposición al sol o a la lluvia y excesivo calor. Deben estar aislados de materiales aromáticos, químicos y vapores. Evitar contaminación por plagas y polvo. Un período largo de almacenamiento puede causar alteraciones en las características y especificaciones técnicas del material.

El lote al que se hace referencia en el presente certificado cumple con las especificaciones de calidad establecidas, por lo que se LIBERA para su uso comercial como empaque de alimentos.


INSPECCIONADO POR
Control de Calidad

Anexo 3

Descripción de los métodos analíticos

Peso

Para la medición de la fruta se utilizó una balanza digital con precisión de 0,1 y una capacidad máxima de 5kg para determinar el peso de cada unidad experimental.

Color

Se realizó con la ayuda de un colorímetro portátil Konica Minolta, espectro-color d/8° digital (DR LANGE Serie- Nr 300074) y se siguió la metodología utilizada por Serna et al., (2011). Se obtuvieron las coordenadas de color L*a*b* en cinco puntos de cada fruta distribuidos (separados proximadamente 72°) en la zona ecuatorial de la cáscara de cada fruto, utilizando una referencia iluminante. A partir del componente a* y b* se calculó el ángulo de tono Hue y la cromaticidad mediante la ecuación 1 y 2 respectivamente (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014). Los parámetros de color se analizaron mediante el cambio total de color (ΔE) respecto al tiempo cero, empleando la ecuación 3. En cada medición se tomaron dos frutas por tratamiento.

Dónde:

H: ángulo Hue

C*: Cromaticidad

ΔE : Cambio de color total

L*: Luminosidad

a*: Coloración verde

b*: Coloración amarilla.

Sólidos Solubles Totales (SST).

Para la determinación de sólidos solubles totales (SST), se exprimió la pulpa de la fruta, luego, con la ayuda de un refractómetro marca Reichert Ametek® (modelo 1310499) se procedió a realizar la lectura de forma directa con la fase líquida de la pulpa homogenizada, utilizando el método AOAC Official Methods 932.12-1980 (Hensall 2012).

pH

La medición de pH fue realizada mediante la metodología AOAC 981.12 (2016). Antes de su medición se realizó la calibración con Buffer de pH 4,01 y pH 7,01 posteriormente se obtuvo

50ml de zumo de la fruta, se filtró y seguido a esto fue medido con la ayuda un potenciómetro marca Jenway modelo 3510 introduciendo los electrodos en la muestra.

Acidez Titulable.

Para la determinación de la acidez titulable se utilizó el método AOAC Official Methods 942.1-1990 (Hensall 2012) empleando una bureta y un agitador magnético. Se inicio obteniendo 5ml de zumo de la fruta en un vaso de precipitación, luego, se adicionó 50ml de agua destilada, seguidamente se adicionaron 5 gotas de indicador fenolftaleína al 1% para finalizar se tituló la muestra utilizando hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1N. A los datos obtenidos se aplicó la ecuación 7 y el resultado fue expresado en % ácido cítrico.

Dónde:

AT = acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico.

V= ml de hidróxido de sodio gastados en la titulación.

N= normalidad del hidróxido de sodio (0,1N).

fa= Factor del ácido predominante (ácido cítrico = 0.064).

V_{sol} = volumen de la muestra homogenizada y filtrada en ml.

Índice de madurez.

El índice de madurez (IM) fue determinado en función a la metodología empleada por Cañar et al. (2014), se realizó mediante la relación entre el contenido de SST medido en °Brix y la concentración del ácido predominante, en este caso ácido cítrico (ecuación 5).

Dónde:

IM: índice de madurez.

SST: sólidos solubles totales.

ATT: acidez titulable total