

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

Área de investigación: Ingeniería, tecnología – tecnología postcosecha

Autora

Br. Lourdes Cecilia Seminario Luján

Jurado evaluador

Presidente: Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos

Secretario: Fernando Rodríguez Ávalos

Vocal: Max Martin Vásquez Senador

Asesor

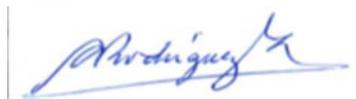
Dr. Fredy Romel Pérez Azahuanche
<https://orcid.org/0000-0002-8810-9224>

Trujillo, Perú

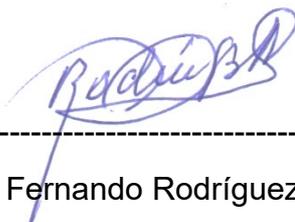
2022

Fecha de sustentación:04/05/2016

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos
Presidente



Ing. Dr. Fernando Rodríguez Ávalos
Secretario



Ing. Ms. Max Martin Vásquez Senador
Vocal



Ing. Dr. Fredy Romel Pérez Azahuanche
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Gustavo y Silvia, a mis hermanas Gabriela y Andrea, a mi abuelita Violeta y a mi tío Sandro Zavaleta por su paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. Fredy Pérez Azahuanche, por el apoyo moral e intelectual durante el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Gustavo Gozzer, Blgo. Carmen Gil y supervisora de calidad Mirian Correa por haberme permitido trabajar esta investigación y guiarme con sus conocimientos en el desarrollo de la presente tesis.

A los miembros del jurado Dr. Antonio Rodríguez Zevallos, Dr. Fernando Rodríguez Ávalos y Ms. Max Martin Vásquez Senador por los conocimientos impartidos durante la carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA.....	14
2.1. Arándano.....	14
2.1.1. Generalidades del fruto.....	14
2.1.2. Variedades.....	14
2.1.3. Producción mundial de arándanos.....	15
2.1.4. Producción de arándanos en el Perú.....	15
2.2. Conservación de alimentos a bajas temperaturas.....	16
2.3. Tratamientos químicos en postcosecha de frutas.....	16
2.3.1. Descripción de generadores de anhídrido sulfuroso.....	17
2.3.2. Aplicación de anhídrido sulfuroso en frutas.....	18
2.4. Firmeza en frutas.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Lugar de ejecución.....	20
3.2. Materia de investigación.....	20
3.3. Materiales y equipos.....	20
3.3.1. Materiales.....	20
3.3.2. Equipos de laboratorio.....	20
3.3.3. Instrumentos de laboratorio.....	20
3.4. Metodología.....	21
3.4.1. Esquema experimental.....	21

3.4.2. Esquema experimental para el tratamiento de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso	22
3.4.3. Métodos de análisis	24
3.4.3.1. Firmeza	24
3.4.3.2. Recuento de mohos y levaduras	24
3.4.3.3. Aceptabilidad general	24
3.4.4. Método estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la firmeza en bayas de arándano.....	27
4.2. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso} sobre el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándano.....	32
4.3. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la aceptabilidad general en bayas de arándano.	38
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES.....	42
VII. REFERENCIAS	43
VIII. ANEXOS.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Prueba de Levene para la firmeza en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	30
Cuadro 2.	Análisis de varianza de la firmeza en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	31
Cuadro 3.	Prueba de Duncan para la firmeza en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	31
Cuadro 4.	Límites microbiológicos mínimos y máximos para frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas.....	33
Cuadro 5.	Prueba de Levene para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	36
Cuadro 6.	Análisis de varianza para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	37
Cuadro 7.	Prueba de Duncan para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	37
Cuadro 8.	Prueba de Friedman para aceptabilidad general en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	39
Cuadro 9.	Prueba de Wilcoxon para aceptabilidad general en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema experimental para la investigación del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso en arándanos envasados en clamshells.....	21
Figura 2.	Diagrama de flujo para la obtención de fruta empacada con anhídrido sulfuroso.....	22
Figura 3.	Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso en arándano.....	25
Figura 4.	Valores de firmeza en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	27
Figura 5.	Crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	32
Figura 6.	Aceptabilidad general en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Resultados de firmeza y crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos sometidos a tratamiento con anhídrido sulfuroso	50
Anexo 2.	Resultados de evaluación sensorial en bayas de arándanos sometidos a tratamiento con anhídrido sulfuroso.....	51

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura. Frutos de arándano fueron cosechados en la provincia de Virú, región La Libertad. Se seleccionaron, clasificaron y empacaron en clamshells con tapa ventilada, y, luego, se colocaron en una bolsa microperforada y en cajas de cartón, para, finalmente, colocar el generador de anhídrido sulfuroso. Los tiempos de almacenamiento, a 10 °C, se programaron para la evaluación Durofel a los 0, 7, 15 y 30 días de almacenamiento. El análisis de varianza denotó la existencia de efecto significativo de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de arándanos. El mayor valor de firmeza corresponde al día 0 con 75.25 Durofel y el menor valor al día 30 con 65.25 Durofel. El menor crecimiento de mohos y levaduras se produjo el día cero, con 14 475 ufc/g y el mayor crecimiento el día 30 con 21 319 ufc/g. La mayor aceptabilidad de las bayas de arándano se obtiene a los siete días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso, con una moda de siete.

Palabras clave: Arándanos, almacenamiento de frutos con anhídrido sulfuroso, Durofel,

ABSTRACT

The aim of this thesis was to evaluate the effect of storage time with sulfur dioxide (SO₂) on the firmness, growth of molds and yeasts and general acceptability of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) variety Ventura. Blueberry fruits were harvested in the province of Virú, region La Libertad (Peru). They were selected, classified and packed in clamshells with a ventilated lid, and then placed in a microperforated bag and in cardboard boxes, to finally place the sulfur dioxide generator. The storage times, at 10 °C, were programmed for the Durofel a evaluation at 0, 7, 15 and 30 days of storage. The analysis of variance denoted the existence of a significant effect of the days of storage with sulfur dioxide on the firmness, growth of molds and yeasts and general acceptability in blueberry berries. The highest firmness value corresponds to day 0 with 75.25 Durofel and the lowest value to day 30 with 65.25 Durofel. The lowest growth of molds and yeasts occurred on day zero, with 14 475 cfu/g, and the highest growth on day 30, with 21 319 cfu/g. The highest acceptability of blueberry berries is obtained after seven days of storage with sulfur dioxide, with a mode of seven.

Keywords: Blueberries, fruit storage with sulfur dioxide, Durofel,

INTRODUCCIÓN

Los arándanos, llamados blueberries, son frutos de la familia de los berries, que posee atractivas características y propiedades nutricionales, por representar una importante fuente antioxidante y vitaminas, entre otras. Sus beneficios sobre la salud son lo que principalmente han generado un aumento en su demanda durante los últimos años en los mercados internacionales, convirtiéndolo en un producto muy atractivo para la industria frutícola de exportación. El arándano poco a poco ha ido pasando de ser un producto de nicho o de consumo de lujo, a un producto de consumo más masivo, con mayores oportunidades de mercado (Scheihing, 2005; Reporte Decofrut, 2013).

Las exportaciones para todo país son muy importantes, ya que estas pueden afectar de forma positiva a su economía. En el caso peruano, se caracteriza porque las exportaciones son altamente mineras, sin embargo, los empresarios cada vez se esfuerzan por encontrar nuevas ofertas exportables del tipo no tradicional, como es el caso del arándano. Dicho producto, según Sunat (2019), exportó 824 359 461 US\$ a 43 países en todo el mundo. Casi el 90% de las exportaciones dirigidas a países primermundistas. Estos países tienen una población que enfoca, mayormente, su tiempo al trabajo; y su cadena alimenticia está formada, en gran parte, por alimentos procesados o enlatados, lo que afecta su salud. Por ello, la apreciación del arándano, no solo es por el sabor agradable y distintivo o el color atrayente que tiene, sino por los nutrientes que contiene y cómo éstos son muy beneficiosas para la salud. De esa manera, el arándano muestra compatibilidad con la tendencia consumidora de productos saludables, con la que se quiere obtener una mejor calidad de vida. Se presagia una gran oportunidad para satisfacer ese mercado (Balarezo y Cruz, 2020).

Las modificaciones de calidad y pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas son causadas, principalmente, por las superficies cortadas y tejidos vegetales dañados, deterioro por microorganismos y almacenamiento inadecuado, es decir, por debajo de la temperatura crítica. Las reacciones de degradación afectan a cualidades sensoriales tales como el color, firmeza, aroma, sabor, así como, el valor nutricional

(Andrade, Moreno, Henriquez y Gómez. (2010); González, Ayala, Rivera, Zavaleta, Villegas y Tejedor, 2005).

La preservación de alimentos se define como el conjunto de tratamientos que prolongan la vida útil de aquellos, manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y especialmente valor nutritivo. Esta definición involucra una amplia escala de conservación, desde períodos cortos, dados por métodos domésticos de cocción y almacenamiento en frío, hasta períodos muy prolongados, dados por procesos industriales estrictamente controlados como es el caso de la congelación y la deshidratación (Sauceda y Nereyda, 2011).

En el mercado actual, la gasificación con SO₂ produce una esterilización superficial y también reduce las pérdidas por pudriciones en postcosecha, especialmente las causadas por botrytis. El SO₂ favorece la mantención de una buena apariencia por su efecto antioxidante, evitando que pierda su color natural. Su uso es una alternativa que permite un efectivo control sobre las pudriciones durante transporte con períodos prolongados y a grandes distancias (Arratia, 2005).

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál es el efecto del tiempo de almacenamiento (0, 7, 15 y 30 días) con anhídrido sulfuroso (SO₂) sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura?

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

- Evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento (0,7, 15 y 30 días) con anhídrido sulfuroso (SO₂) sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura.
- Determinar el tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso en el cual se mantiene la firmeza, bajo crecimiento de mohos y levaduras y se tiene la mayor aceptabilidad general en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA

2.1. Arándano

2.1.1. Generalidades del fruto

El arándano o blueberrie es un frutal menor perteneciente al género *Vaccinium*, de la familia *Ericaceae*. Es nativo de Norteamérica y fue introducido en Chile a principios de la década de mil novecientos ochenta (Vilches, 2005).

Se trata de un arbusto pequeño de 0.2 - 0.4 m de altura, cuyo nombre científico es *Vaccinium corymbosum*. El fruto del arándano conforma el grupo de las frutas denominadas comercialmente en el ámbito internacional como berries, entre las que además se encuentran la frutilla, frambuesa (roja, negra, púrpura y amarilla), grosella, mora, baby kiwi, cranberry, etc. El fruto del arándano es una baya casi esférica de 7 a 15 mm, de color azul claro a oscuro; que contiene pequeñas semillas y presenta un sabor agridulce muy característico (ADEX, 2009).

El fruto es una baya esférica que debe cumplir con ciertos atributos de calidad como: color de azul claro a negro azulado, epidermis provista de secreción cerosa llamada pruina, calibre mínimo de 0.7 a 1.5 cm y una adecuada firmeza, además de presentar una cicatriz pequeña y seca después de desprender el pedúnculo al cosechar. La producción que no cumple con estos parámetros de calidad se destina, generalmente, a la obtención de zumo clarificado concentrado, por lo que se hace necesario buscar alternativas tecnológicas que permitan dar un mayor valor añadido a este excedente (Stückrath y Petzold, 2007).

2.1.2. Variedades

El género *Vaccinium* está compuesto por más de treinta especies, pero solo un pequeño grupo pequeño tiene importancia comercial: arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), arándano ojo de conejo (*Vaccinium virgatum* Ait., ex *V. ashei* Reade),

arándano bajo (*Vaccinium angustifolium* Ait.), arándano europeo (*Vaccinium myrtillus* L.) y arándana (*Vaccinium macrocarpon*) (Pino, 2007).

Los arándanos cultivados se diferencian básicamente en su comportamiento frente al frío, la necesidad de horas frío (H.F.) para levantar su latencia invernal, su resistencia a las bajas temperaturas tanto a las heladas invernales (en climas fríos) como a las primaverales (en zonas tardías o cálidas). Las variedades comerciales son el resultado de programas de mejoras (Castillo, 2008).

2.1.3. Producción mundial de arándanos

La producción mundial se concentra básicamente en Norteamérica, sin embargo, se observa que la producción en los países productores-consumidores tradicionales y, en los abastecedores en contrastación (hemisferio sur) se ha incrementado, con Sudamérica que en los últimos veinte años es la que más ha crecido (Brazelton, 2013).

Estados Unidos lidera la superficie global de arándanos con 38 488 ha que representan el 41% del total mundial, seguido por Chile que representa el 15% con 13 749 ha en la temporada 2012/2013. La producción mundial de arándanos se concentra, principalmente, en América del Norte con cerca de 273 000 t, de las cuales, 156 000 t son destinadas al mercado fresco y 11 000 t, al mercado de procesados. En segundo lugar, se encuentra América del Sur con alrededor de 124 000 t, 87 000 t para fresco y 37 000 t para proceso (Sierra Exportadora, 2013).

2.1.4. Producción de arándanos en el Perú

El Perú tiene, actualmente, 2 250 h de arándanos, desde que empezó con este cultivo en el 2008. Hace catorce años atrás, su crecimiento era de 20% anual en áreas, impulsado por la expansión de las empresas más grandes. En la actualidad, el crecimiento por año es de 10 a 15%; se ha pasado, en cuatro años, de 400 a 2 250 ha cultivadas (AgroNegocios Perú, 2016).

La gran demanda internacional del arándano ha ocasionado que las empresas agroindustriales de La Libertad apuesten por la producción del arándano, lo cual ha

impulsado un crecimiento de sus exportaciones de manera extraordinaria en los últimos doce años (Salazar, 2014).

En el Perú, hay 200 053 ha potenciales para la agricultura en la región Costa, de las cuales, La Libertad cuenta con 53 000 ha, gracias al proyecto de irrigación Chavimochic III. Estas cifras indican que existen terrenos adecuados para incrementar la producción de arándanos en nuestra región (Gómez, 2012).

2.2. Conservación de alimentos a bajas temperaturas

Una de las medidas normalmente usadas para controlar la actividad enzimática de productos frescos es el uso de bajas temperaturas durante el manejo, procesamiento y almacenamiento de frutas y hortalizas. A temperaturas bajas, se reduce la actividad enzimática y el pardeamiento, de manera que no solamente se conserva la calidad del producto, sino también que las velocidades metabólicas desciendan significativamente, ambas disminuciones contribuyen a incrementar la vida útil del producto (Pérez, 2003).

Cuando se separan de la planta, las frutas, hortalizas y flores son aún tejidos vivos que respiran. El mantenerlos a la temperatura más baja posible (0 °C o 32 °F) para los cultivos de climas templados o 10 a 12 °C o 50 a 54 °F para los cultivos sensibles al daño por frío), su vida de almacenamiento, por la disminución de la velocidad de respiración, por su sensibilidad más baja al gas etileno y por la menor pérdida de agua. Al reducir la tasa de pérdida de agua se disminuye también la velocidad de marchitamiento y resecamiento, que son causa seria de pérdidas postcosecha (Pelayo y Castillo, 2002).

2.3. Tratamientos químicos en postcosecha de frutas

El anhídrido sulfuroso es un gas altamente tóxico a los hongos y a las bacterias. Se le ha usado extensivamente durante muchos años en la industria alimenticia, para el control de los hongos y otros organismos. Se confirma que este gas comenzó a usarse

en California para prevenir las pudriciones y la fermentación en uva de vino. El uso del anhídrido sulfuroso se extendió a los embarques de uva de mesa y que, hoy en día, es indispensable para la exportación y conservación de esta especie. Es el agente químico que controla eficazmente las pudriciones en postcosecha (Arratia, 2005).

2.3.1. Descripción de generadores de anhídrido sulfuroso

El generador de anhídrido sulfuroso es un dispositivo que sobre la base de metabisulfito de sodio y su reacción con el vapor de agua (humedad que rodea la fruta) genera el anhídrido sulfuroso gas. El generador de SO₂ es una alternativa a las gasificaciones periódicas, que permite el transporte durante períodos prolongados y a grandes distancias.

En coherencia con Arratia (2005), los generadores presentan dos fases de emisión de SO₂:

- Fase 1 o fase rápida. Se produce dentro de las cuatro primeras horas después de cerrado el envase y genera alrededor de 100 ppm de SO₂. Esta fase inhibe la germinación de las esporas y esteriliza las heridas causadas durante la cosecha y embalaje.
- Fase 2 o fase lenta: El anhídrido sulfuroso se libera lentamente, después de dos o tres días, generando alrededor de 5 ppm y continúa así, durante 60 a 120 días. Esta fase reemplaza las fumigaciones o gasificaciones periódicas que deberían realizarse periódicamente durante el almacenaje. En el mercado actual, se usan básicamente dos tipos de generadores de anhídrido sulfuroso: generador de papel y generador plástico o laminar.
- Todos tienen como ingrediente activo metabisulfito de sodio (Na₂S₂O₅), el que va en diferentes cantidades, de acuerdo con sus características de manufactura. El generador de papel puede llevar el ingrediente activo en celdillas como polvo fino o granulado; en algunos casos, parte del activo (fase rápida) puede estar impregnado sobre toda la superficie del generador. El generador de plástico o laminar lleva el activo dentro de una matriz cerosa o

hidrófoba, la cual se encuentra homogéneamente dispersa entre uno o dos películas de plástico o de papel.

2.3.2. Aplicación de anhídrido sulfuroso en frutas

Chacón (2006) afirma que el anhídrido sulfuroso es un gas incoloro con reconocidas propiedades antimicrobianas y antioxidantes, que se utiliza en uva para controlar pudriciones y evitar el pardeamiento del escobajo, debido a la deshidratación. También se logra la estabilización superficial de las bayas ya que es un producto de contacto, que favorece la cicatrización de heridas (producto hidrófilo), mantención de color verde del escobajo (efecto antioxidante) y reducción de la respiración de la fruta.

El mismo autor añade que las propiedades fungicidas del anhídrido sulfuroso se deben a cambios irreversibles, que produce en constituyentes celulares esenciales. La toxicidad es, principalmente, el resultado de la solución acuosa del anhídrido sulfuroso, altamente reactivo. El gas actúa por contacto.

2.4. Firmeza en frutas

La siguiente descripción corresponde a (Defilippi y Manríquez, 2011), cuando mencionan que en las evaluaciones para caracterizar la calidad de una fruta, tanto al momento de la cosecha como durante la postcosecha, se mide la firmeza, la cual es importante porque, además de ser un indicador de la textura, define, en gran parte, el potencial de postcosecha en especies frutales.

Así mismo, con respecto a los equipos y tecnologías actualmente disponibles para la medición de firmeza en frutos pequeños, como uvas, cerezas y arándanos, se dispone del Durofel, cuya medición se basa en cuantificar la fuerza necesaria para retraer el émbolo al aplicarlo, en forma manual, contra la superficie de la fruta, para dar una idea de la firmeza, a través de la deformación del mismo. Sus resultados se expresan en unidades de Durofel (de 1 a 100). Finalmente, informan que el Firmtech es una tecnología no destructiva, cuya

medición se basa en ejercer una fuerza conocida y calibrada de acuerdo con la especie, hasta generar la deformación en 1 mm de la superficie de la fruta; los resultados en gramos fuerza necesarios para deformar 1 milímetro de fruta, en (gf.mm. Ambos equipos utilizan la respuesta en la deformación de la fruta al aplicar una fuerza determinada sin penetrar en el producto.

Existe una asociación alta entre las mediciones con ambos instrumentos. La relación es directa, lo que implica que ambos instrumentos son capaces de medir y determinar diferencias de firmeza, aunque es más sensible el instrumento Firmtech (Brayovic, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de TAL S.A., localizado en el 2.5 km, Salaverry, provincia de Trujillo, región La Libertad.

3.2. Material de investigación

Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura, procedente del distrito de Chao, provincia de Virú, región La Libertad. Rango de tamaño de la fruta 16 – 22 mm.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales

- Almohadillas generadoras de anhídrido sulfuroso. Contiene 2 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ en polvo. Marca Osku
- Clamshell de polietileno, 125 g
- Caja cartón genérica negra, 1.5 kg
- Absorbpad 27 x 36 unilaminar, 50 g
- Bolsa camisa microperforada de 58 x 35 cm

4.3.2. Equipos de laboratorio

- Cámara de refrigeración (0 – 10 °C)
- Balanza analítica, Sartorius. Rango de 0 a 3100 g. Precisión ± 0.001 g, exactitud de 0.1 mg
- Durómetro Agrosta®100 touchscreen (Durofel)
- Termómetro digital. Marca Hanna. Rango de -50 a 150 °C. Precisión ± 0.3 °C.

4.3.2. Instrumentos de laboratorio

- Vernier de metal milimétrico de 6". Precision 0.02 mm. Marca Uberman

4.4. Metodología

4.4.1. Esquema experimental

En la Figura 1, se presenta el esquema experimental para evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura. La variable independiente es el tiempo de almacenamiento y las variables dependientes: firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Ventura.

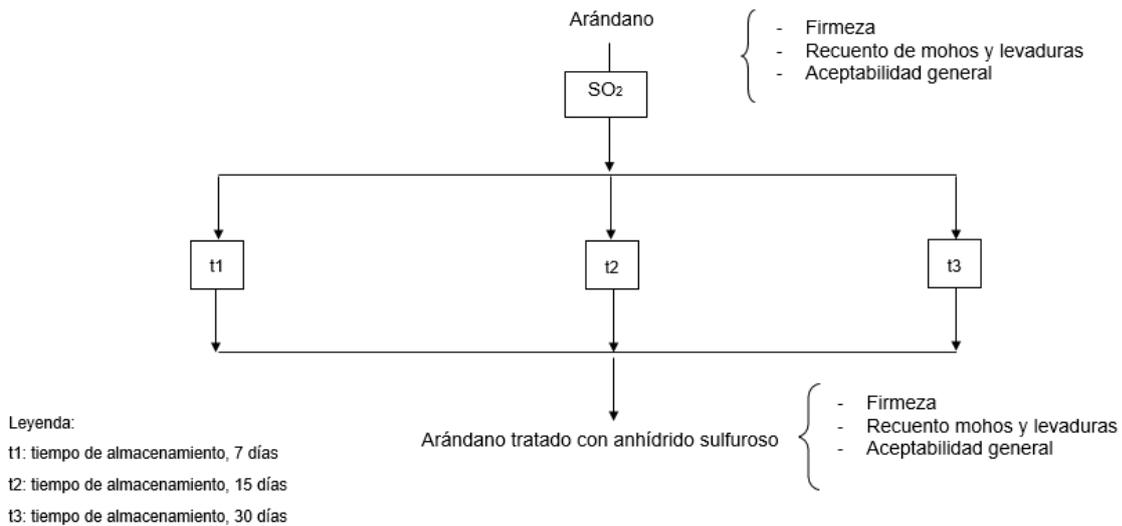


Figura1. Esquema experimental para la investigación del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso en arándanos envasados en clamshells

4.4.2. Esquema experimental para el tratamiento de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo para el proceso de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso.

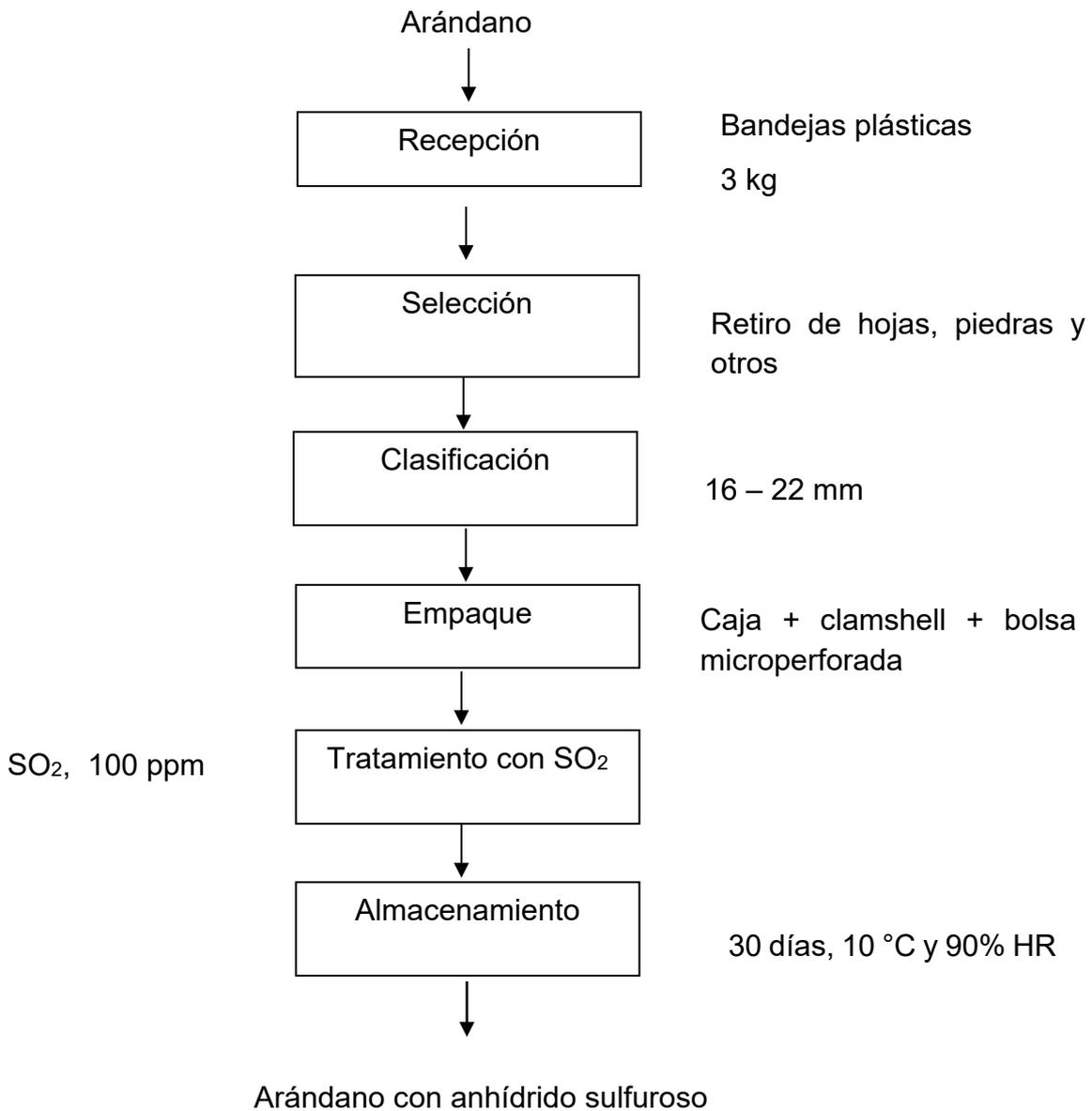


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de bayas de arándano con anhídrido sulfuroso

A continuación, se describe cada operación para el tratamiento de bayas de arándano almacenadas con anhídrido sulfuroso del diagrama de flujo que se presenta en la Figura 2 (Mendoza, 2014; Reporte FDF, 2014).

Recepción: Las bayas de arándano se recibieron en bandejas plásticas con capacidad 3 kg. El arándano fue recibido en planta teniendo cuidado de no causar daño físico o mecánico. Se evaluó la firmeza inicial de la fruta por medio del durómetro Agrosta®100 touchscreen.

Selección: El arándano fue seleccionado manualmente para eliminar aquellas bayas con presencia de daños físicos e infección por hongos.

Clasificación: Las bayas de arándano se clasificaron sobre la base de sus atributos de calidad (tamaño) con el uso de un vernier de metal. Se consideraron bayas de arándano de 16 a 22 mm de diámetro.

Empaque: Se pesó, aproximadamente, 125 g de bayas de arándano en clamshells de polietileno de 4.4. Oz para cada tratamiento y se registró el valor .

Tratamiento con SO₂: Después de empacar los arándanos, las muestras se colocaron en una bolsa microperforada de polietileno, seguido de un absorpad (es un producto absorbente utilizado para controlar humedad dentro de la caja con fruta fresca) y, luego, los clamshell se colocaron en una caja de cartón de 1.5 kg. Finalmente, se colocó el generador con anhídrido sulfuroso, el cual está constituido por dos láminas de papel con polietileno que contiene el ingrediente activo (2 g de Na₂S₂O₅).

Almacenamiento: Las muestras se almacenaron en cámaras refrigeradas durante 30 días, a 10 °C y 90% HR.

4.4.3. Métodos de análisis

4.4.3.1. Firmeza

La medición se basó en cuantificar la fuerza necesaria para retraer el embolo del Durofel, al aplicarlo en forma manual contra la superficie del arándano, para luego, registrar la lectura de la medición de la firmeza (Defilippi y Manríquez, 2011). Se analizaron 41 frutos escogidos al azar por cada tratamiento

4.4.3.2 Recuento de mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras se realizó tanto para la muestra control como para las demás muestras, con los diferentes tiempos de exposición al anhídrido sulfuroso. De 41 bayas, se obtuvo el zumo, del cual, se midió 1 mL de jugo de arándano de cada tratamiento y se diluyó en 9 ml de agua destilada en diluciones de 10^{-6} .

El método utilizado fue la siembra por incorporación. Se midió 1 mL de muestra y se añadió 15-20 mL de agar nutritivo a las placas estériles. Se sembró la última dilución en agar sabouraud por duplicado y se incubaron las placas invertidas a 37 °C durante 24-48 h, para luego realizar los recuentos (Mandigan, Martinko y Parker, 2003).

4.4.3.2. Aceptabilidad general

Las bayas fueron sometidas a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general, con el uso de una escala hedónica de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta bastante, 6: me gusta ligeramente, 5: ni me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta ligeramente, 3: me disgusta bastante, 2: me disgusta mucho y 1: me disgusta muchísimo. Participaron 30 panelistas no entrenados (Anzaldúa-Morales, 2005).

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Arándano

Pruebe las muestras de arándano que se le presenta e indique, según escala, su opinión sobre ellas.

Marque con un aspa (X) en la región que corresponda a la percepción de aceptabilidad de la muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	125	367	947	268
Me gusta muchísimo
Me gusta mucho
Me gusta bastante
Me gusta ligeramente
Ni me gusta ni me disgusta
Me disgusta ligeramente
Me disgusta bastante
Me disgusta mucho
Me disgusta muchísimo

Comentarios: _____

Fuente: Anzaldúa-Morales, 2005.

Figura 3. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de arándanos con tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

4.4.3.3. Método estadístico

Para la evaluación de las variables paramétricas: firmeza y recuento de mohos y levaduras se utilizó un diseño unifactorial con cuatro repeticiones. Se aplicó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas; el análisis de varianza, para evaluar el efecto de la variable independiente y; finalmente, la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para determinar el mejor tratamiento.

Los datos de la evaluación de la aceptabilidad general de los arándanos fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon, ambas con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el Software IBM SPSS Statistics versión 19, 2010.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO₂) sobre la firmeza en bayas de arándano

La firmeza de las bayas de arándanos disminuyó en función del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso, los valores fluctuaron entre 75.25 a 65.25 Durofel, tal y como se observa en la Figura 4. El mayor valor corresponde al día 0 con 75.25 Durofel (Anexo 1).

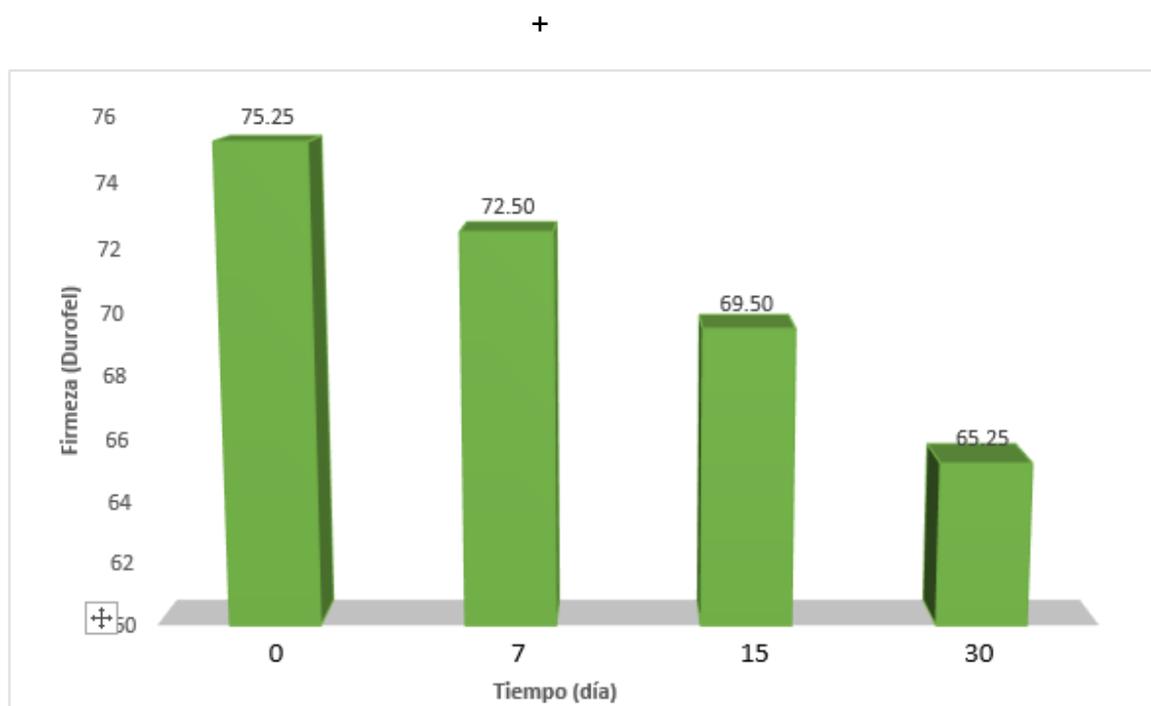


Figura 4. Valores de firmeza en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Zapico (2006) evaluó la firmeza de nueve cultivares de cereza durante distintas temporadas de crecimiento, las cuales reportaron valores entre 61 a 81 durofel, en el 2003; en tanto que, en el 2004, fueron de 69 a 78 durofel. También, en su investigación mencionan que la cereza ideal debe tener una firmeza entre 70 – 75 durofel.

En esta investigación, la lectura es de 70 – 75 durometro entre los 0 a 15 días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso, este parámetro fue medido sobre la base del requerimiento específico para un embarque de producto terminado de exportación, lo cual permitió mantener la firmeza, lo más similar, al momento de su empaque.

Mahajan, Arora, Gill y Ghuman (2010) estudiaron la prolongación de la vida útil en uvas Flame Seedless, en refrigeración a 2 °C y con una o dos almohadillas generadoras de SO₂, comparada con una muestra control (sin SO₂). La firmeza de las bayas disminuyeron hasta los 55 días de almacenamiento para todos los tratamientos, teniendo mejor firmeza las muestras tratadas con SO₂ debido a la función de este compuesto en la prevención de pudriciones, que es lo que conlleva a frutas suaves. Durante la evaluación de firmeza de los distintos tratamientos, los resultados de esta investigación demostraron que en los diferentes días de almacenamiento (7, 15 y 30 días) y conforme avanzaba los días, los tratamientos que utilizaron SO₂ mantenían su firmeza en comparación al tratamiento control; el cual al cabo de 15 días, se observó que tuvo una textura blanda con presencia de exudación, con el riesgo de posible crecimiento de moho.

Daifallah (2010) investigó el efecto de tres tratamientos de fumigación (control, CO₂ y SO₂) después de la cosecha, en las propiedades de calidad de uva de mesa Taify durante diferentes periodos de almacenamiento (0, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días) a 2 °C. En la presente investigación se demuestra que la firmeza se reduce, a medida que el tiempo de almacenamiento se incrementa en todos los tratamientos. Sobre la base de este argumento y, en comparación con la presente investigación, el tratamiento de 30 días muestra una menor firmeza en comparación al tratamiento de 7 días; sin embargo, mantenía una firmeza similar al tratamiento de 15 días; lo cual no se observa con la muestra control, cuya firmeza disminuye considerablemente. Adicionalmente a ello, el efecto que produce la temperatura durante el almacenamiento ayuda a potenciar el efecto del SO₂.

Pretel, Martínez-Madrid, Martínez, Carreño y Romajaro (2006) evaluaron el tiempo de almacenamiento de uva de mesa Aleado, en una atmósfera enriquecida ligeramente con CO₂ y en combinación con generadores de SO₂ durante el almacenamiento de 55 días a 2 °C. Según los valores, la firmeza tiende a disminuir para todos los tratamientos hasta los 55 días de evaluación. Los resultados se sustentan en que la disminución de firmeza es más pronunciada conforme pasan los días de almacenamiento.

La disminución en la calidad durante el manejo postcosecha de frutas se asocia generalmente, con la pérdida de agua, deshidratación y pudrición (Daifallah , 2010). Los altos niveles de pérdida de humedad de arándanos se relacionan con una menor firmeza, los frutos firmes son signos de frescura y aseguran un mayor periodo de almacenaje postcosecha (Rodríguez, Wyss, y Hormazábal, 2015).

El SO₂ es ampliamente utilizado en la uva de mesa para prevenir pudriciones durante el almacenamiento, ya sea por la fumigación inicial de la fruta del campo seguido de la fumigación semanal de salas de almacenamiento o de la liberación lenta a partir de paquetes de almohadillas que contienen metabisulfito de sodio. Las investigaciones mencionan que la fumigación con SO₂ seguido de un almacenamiento en atmósfera controlada (3% O₂ + 6 – 12% CO₂) es una estrategia prometedora para la postcosecha de arándanos frescos para reducir la pudrición (que es lo que conlleva a frutas suaves) y prolongar la vida útil (Mahajan, Caleb, Singh, Watkins y Geyer , 2013).

Las lecturas de firmeza de la fruta pueden estar influenciadas por la estructura celular, el tamaño y composición; así como por el tamaño del fruto (frutos más pequeños suelen ser más firme), temperatura (fruta más caliente son por lo general más suaves), posición (es decir, la mejilla contra cáliz final) y turgencia (Van Hoorn, 2004).

La firmeza es un atributo de la textura de las frutas y vegetales que está relacionada con el punto de cosecha, la calidad para su comercialización y el procesamiento. La firmeza de un material se define como la fuerza

necesaria para romper los tejidos carnosos; está vinculada con los diferentes estados durante el proceso de maduración; por lo tanto, la firmeza de la fruta es considerada como un buen indicativo de la madurez. Durante la maduración de la fruta, uno de los cambios más notables es el ablandamiento, que está relacionado con las alteraciones bioquímicas de la pared celular, de la lámina media y a niveles de la membrana (Pérez, 2003). El ablandamiento aumenta la susceptibilidad al daño mecánico y al ataque de patógenos (Zapata, Malleret, Lesa y Rivadeneira , 2010).

Los estudios han determinado que la firmeza de los arándanos disminuye con el tiempo en el almacenamiento y que esta disminución puede retardarse, pero no se detiene por una baja temperatura (Padley, 2005).

En el Cuadro 1, se presenta la prueba de Levene para los valores de firmeza en bayas de arándano, donde se observa que existe varianza.

Cuadro 1. Prueba de Levene para la firmeza en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza	1.200	0.352

En el Cuadro 2, se presenta el análisis de varianza de la firmeza en bayas de arándano. Se muestra que la variable independiente: días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre la variación de firmeza.

Cuadro 2. Análisis de varianza de la firmeza en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tratamiento	220.250	3	73.417	117.467	0.000
Error	7.500	12	.625		
Total	80034.000	15			

En el Cuadro 3, se observa los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, aplicada a los valores de firmeza en bayas de arándanos, donde se indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. El mayor valor de firmeza corresponde al día 0 con 75.25 Durofel y el menor valor al día 30 con 65.25 Durofel, siendo el mejor tratamiento el día 7 debido a que una fruta más firme tiene un mejor manejo productivo, de manipulación en la cosecha y conservación en postcosecha; es un atributo importante para una buena comercialización, ya que al ser un buen indicador de frescura, es importante en la aceptación del consumidor (Brayovic, 2010); cada empresa establece sus límites para la comercialización.

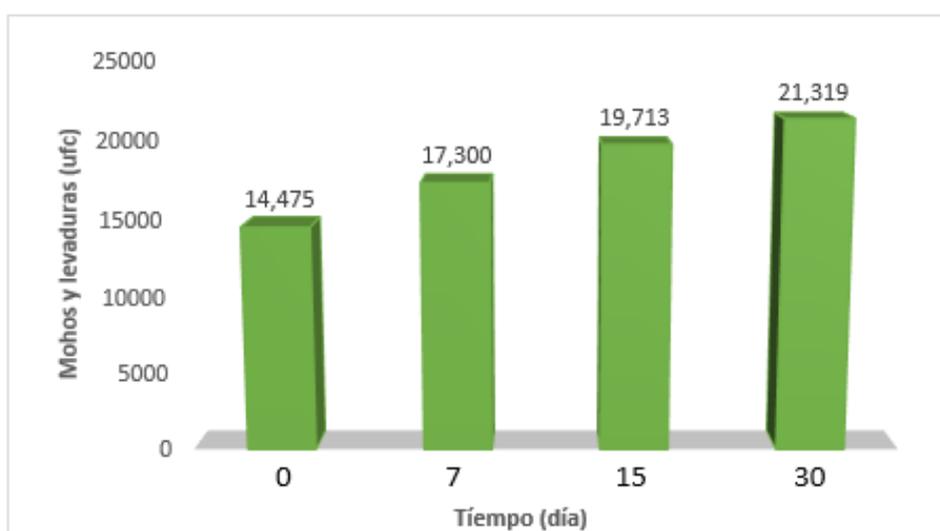
Cuadro 3. Prueba de Duncan para la firmeza en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamiento (Día)	Subconjunto			
	1	2	3	4
30	65.25			
15		69.50		
7			72.50	
0				75.25

4.6. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO₂) sobre el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándano

El crecimiento de mohos y levaduras en las bayas de arándanos aumenta, en función al tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso, los valores fluctuaron entre 14 475 a 21 319 ufc/g, tal y como se observa en la Figura 5. El menor valor corresponde al día 0 con 14 475 ufc/g (Anexo 1).

Figura 5. Crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido carbónico



La aplicación de anhídrido sulfuroso en postcosecha a uvas y arándanos se realiza para controlar enfermedades causadas por hongos, como *Botrytis cinerea* y *Penicillium*. La reducción de la temperatura, que sirve para disminuir el metabolismo celular del arándano y la uva de mesa en postcosecha, no es suficiente para bajar el metabolismo de *Botrytis* y *Penicillium* al nivel de inhibirlos. Entonces, todos los estudios que hay en ambas frutas señalan que baja significativamente la carga de hongos, cuando se aplica anhídrido sulfuroso a la fruta (Luchsinger, 2021).

Los arándanos son muy perecederos, susceptibles a un rápido deterioro y tienen una vida comercial corta, que dependen altamente de la etapa de maduración de

la fruta, el método de cosecha, la incidencia de enfermedades y condiciones de almacenamiento. La mayor causa de las pérdidas es por la descomposición por hongos y rápida maduración que acelera la senescencia (Cantin, Palou, Bremer, Michailides y Crisosto, 2011). En el Cuadro 4, se muestran los límites microbiológicos aceptables para frutas semiprocesadas refrigeradas y/o congeladas.

Cuadro 4. Límites microbiológicos mínimos (m) y máximos (M) para frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas

Análisis	Límites por gramo	
	m	M
Mohos y levaduras (ufc/g)	-	10 ⁶ *

(-): No aplica

*Minsa 2008. Norma Resolución Ministerial. N° 591-2008.

En esta investigación, el crecimiento de mohos y levaduras se encuentra dentro de límites microbiológicos mencionados en el Cuadro 4 hasta los 30 días de almacenamiento; el tipo de embalaje y la condiciones de proceso, al ser una muestra, pueden haber también influido en los resultados finales; pero aun así siguen siendo aceptables microbiológicamente.

Aunque los hongos son parte de la carga microbiana nativa de las frutas, las medidas para reducir el número de estos microorganismos deben de tomarse en cuenta durante el procesamiento mínimo de los alimentos, pues además de causar rápido deterioro de los mismos, pueden producir micotoxinas y metabolitos tóxicos que causan alteraciones microbiológicas perjudiciales al hombre (Mazza, Correia y Arraes, 2006; Bierhals, Chiumarelli y Hubinger, 2011).

Rodríguez, Wyss y Hormazába (2015) evaluaron técnicas de atmósfera modificada (con y sin) y aplicación de anhídrido sulfuroso (generadas por 0, 1 y 2 g de metabisulfito de sodio) sobre parámetros de calidad de postcosecha en frutos de arándanos variedad Esmeralda, durante 7, 14, 21 y 28 días a 0 °C. Los resultados

de esta investigación han demostrado que los tratamientos con dosis de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ reducen la proliferación fungosa para la muestra control (0 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) en 2.43% de incidencia de pudrición gris luego de 28 días de almacenaje; para 1 y 2 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, en 0.13% y 0.0% de pudrición gris, respectivamente. En esta investigación, con el uso de la almohadilla generadora de anhídrido sulfuroso, se logra evitar la pudrición, tratamiento para el cual se utiliza este componente; vale recalcar que la pudrición gris suele presentarse cuando la fruta recepcionada ha estado expuesta a factores ambientales intensos, como la humedad excesivamente alta; cuyo escenario no es el que se maneja en esta instancia considerando que esta fruta se desarrollo en un ambiente cálida bajo condiciones propicias.

Latorre, Torres, y Zoffoli (2005) evaluaron el efecto fungicida en la precosecha y el uso de anhídrido sulfuroso en la postcosecha, para la pudrición en uva de mesa causada por *Penicillium expansum*. Los resultados demostraron que ambas, la aplicación fungicida en la precosecha y almohadillas generadoras de SO_2 , son efectivas para reducir la pudrición causada por *P. expansum* (100 a 20.6% de incidencia) y por *B. cinerea* de (99.6 a 12.9% de incidencia) en uvas de mesa almacenadas en frío y a largo plazo.

El anhídrido sulfuroso (SO_2) es un gas incoloro con buenas propiedades antimicrobianas y antioxidantes, que se utiliza en uva para controlar pudriciones y evitar el pardeamiento del escobajo debido a la deshidratación (Chacón, 2006).

Cantin, Palou, Bremer, Michailides y Crisosto (2011) evaluaron el uso de anhídrido sulfuroso aplicado por la fumigación y/o almohadillas generadoras de SO_2 para reducir las pérdidas en la postcosecha en higos verdes y negros. Todos los tratamientos ensayados con SO_2 eliminaron el porcentaje de pudrición, extendiendo la vida comercial en higos frescos. Sin embargo, en algunos casos, el uso de almohadillas de SO_2 aumentó la incidencia de decoloración de la cáscara. El tratamiento fue más eficaz contra *Rhizopus spp.* que contra *Alternaria spp.* La contaminación de la fruta por *Borytris spp.* y *Penicillium spp.* también se redujo por presencia de SO_2 . En el estudio; se comprueba que durante el tiempo de almacenamiento aparece una decoloración en la parte inferior de la baya, específicamente, alrededor del pedúnculo, la cual, no afecta sus cualidades

nutritivas o de calidad; pero si afecta, en menor porcentaje, sus cualidades estéticas.

Cantín, Minas, Goulas, Jiménez, Manganaris, Michailides, et al. (2012) evaluaron el efecto del SO₂, solo y en combinación con atmósferas enriquecidas con CO₂ (3% O₂ + 3, 6, 9, 12 o 24% de CO₂), en los atributos de calidad y pudrición postcosecha (por lo general causada por hongos) de ocho cultivares de arándanos almacenados a 7, 14, 21, 28 y 35 días a 1 °C. Los tratamientos con SO₂ redujeron significativamente la incidencia de pudrición, especialmente en combinación con el almacenamiento de atmósfera de CO₂ (6 – 12%). En esta investigación, el papel que juega la temperatura es muy importante, puesto que al trabajar junto con las almohadillas de SO₂, se logra reducir el crecimiento de mohos u hongos y que la fruta tenga un tiempo de postcosecha mayor.

El uso y manejo de generadores de SO₂, es una etapa crítica en el control de pudriciones y evita el daño por este gas en la fruta. La dosis de SO₂ que detiene el avance de las infecciones en uva de mesa dependen de la variedad, ya que los cultivares tienen un grado de sensibilidad distinto a la penetración del hongo (pigmentación y grosor de la cutícula) y su desarrollo (contenido de azúcares) (Arratia, 2005).

Santiago, Rioja, Zoffoli y Hanke (2002) evaluaron la efectividad de distintos tipos y combinaciones de generadores de SO₂ sobre el control de pudrición y calidad de uva variedad Red Globe, en dos condiciones de embalaje (bolsas de polietileno y lámina de papel) almacenadas a 90 días a 0 °C y 6 días a 10 °C. El sistema de embalaje de racimos en papel incrementó el porcentaje de pudrición de 7 a 22% en la muestra control (sin anhídrido sulfuroso), de 2.3 a 7.9% con generador plástico, de 1.5 a 3.4% cuando se utilizó un generador de papel de 8 g, y de 1.4 a 2.2% cuando se combinó con un generador de fondo.

El sistema de embalaje tiene un efecto evidente sobre el desempeño del generador de SO₂, por ende, es muy variable e importante a considerar al momento de definir la combinación más adecuada para un objetivo comercial específico (Santiago, Rioja, Zoffoli y Hanke, 2002). El exceso de materiales de embalaje como racimos

envueltos en papel, o en bolsas herméticas con baja área ventilada restringen la disponibilidad de SO₂ para el control de la pudrición gris (ocasionada por el hongo *Botrytis cinerea*); igualmente el caso de bolsas de embalaje microperforadas superior al 2% reducen la concentración de SO₂ en el interior de la caja (Zoffoli, 2002). Para esta investigación, se revisaron todos los embalajes adecuados a utilizar, vale decir que las bolsas microperforadas tenían el porcentaje correcto de ventilación, lo cual permitía la circulación apropiada del SO₂ por todo el embalaje de empaque, sumado a ello, las cajas utilizadas tenían el porcentaje de ventilación adecuado que permitía la permeabilidad requerida para que el SO₂ tenga el efecto adecuado y correcto para la preservación de la fruta, además de la correcta circulación de aire durante el almacenamiento.

En el Cuadro 5 se presenta la prueba de Levene para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándano, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 5. Prueba de Levene para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Variable	Estadístico de Levene	p
Mohos y levaduras (ufc)	1.996	0.168

En el Cuadro 6, se presenta el análisis de varianza para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándano. El análisis muestra que la variable independiente: días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO₂) tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95%, sobre el crecimiento de mohos y levaduras.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tratamiento	106805726.750	3	35601908.917	405.140	0.000
Error	1054507.000	12	87875.583		
Total	5408646676.000	16			

En el Cuadro 7, se observa los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan aplicada al crecimiento de mohos y levaduras, en bayas de arándanos, donde se indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotadas por la formación de subconjuntos. El menor crecimiento de mohos y levaduras corresponde al día 0 con 14 475 ufc/g y el mayor crecimiento al día 30 con 21 319 ufc/g. Debido a que este estudio va enfocado a obtener una baya que mantengan las características iniciales, se concluir que el mejor tratamiento es el que se obtiene a los 15 días de almacenamiento.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para el crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamiento (Día)	Subgrupo			
	1	2	3	4
0	14 475.00			
7		17 300.00		
15			19 712.50	
30				21 319.00

4.7. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO₂) sobre la aceptabilidad general en bayas de arándano

En la Figura 6, se observa la evaluación de aceptabilidad general, mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos, en bayas de arándano durante su almacenamiento con anhídrido sulfuroso. En el Anexo 2, se muestran los resultados de la evaluación sensorial.

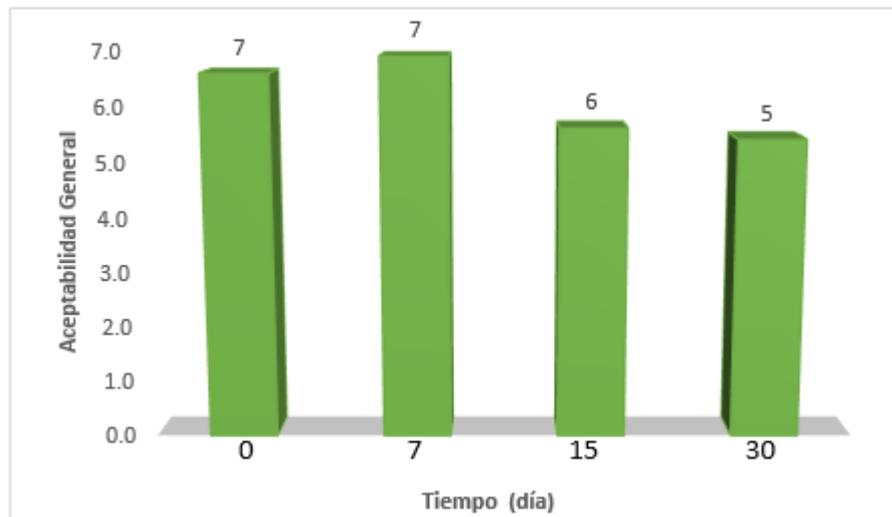


Figura 6. Aceptabilidad general en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

En la Figura 6, se observa que el tratamiento a los 7 días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso presenta la mayor aceptación, ya que según la percepción general de los panelistas se obtiene un mejor sabor y textura; seguido del día 0 que fue mucho más firme. En los días 15 y 30, días se tuvo una fruta ligeramente más suave, que fue el parámetro determinante para una menor puntuación que los demás días; sin embargo, aun así fue aceptable para los panelistas. Por lo que se considera, en general, que el producto fue agradable para los panelistas hasta los 30 días de almacenamiento.

La calidad de los alimentos por los consumidores resulta de una combinación de parámetros como la apariencia, textura, sabor, aroma y el valor nutricional. La influencia de cada atributo es dependiente del alimento, aunque el impacto visual es el factor decisivo de la compra (Cote, 2011).

Daifallah, (2010) investigaron el efecto de tres distintos tratamientos de fumigación (control, CO₂ y SO₂) después de la cosecha, en las propiedades de calidad de uva de mesa Taify, durante periodos de almacenamiento (0, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días) a 2 °C. Los resultados mostraron una mayor puntuación de aceptabilidad general para las muestras tratadas con SO₂, con respecto a los demás tratamientos al final del almacenamiento, no existió una tendencia definida durante los días de evaluación. Remontando el sustento a esta investigación, se determina que la mejor aceptabilidad general por parte de los panelistas fue al día 7.

En el Cuadro 8, se presenta los resultados de la prueba de Friedman para la aceptabilidad general en función a los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso para las bayas de arándano, denótase que existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, entre los tratamientos. El tratamiento a los 7 días de almacenamiento presenta la mayor predilección por parte de los 30 panelistas con 3.27 de rango de promedio de Friedman.

Cuadro 8. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamientos (Día)	Rango promedio	Moda
0	2.88	6
7	3.27	7
15	2.15	6
30	1.70	6
Chi-cuadrado	33.135	
p	0.000	

El Cuadro 9 presenta los resultados de la prueba de Wilcoxon para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa. En esta prueba se compara los tiempos de almacenamiento con anhídrido sulfuroso de las bayas de arándano con el tratamiento que brinda las

mayores calificaciones en aceptabilidad general (7 días), donde se observa que fue significativamente diferente ($p < 0.05$) al día 15 y día 30, por lo que, el mejor tratamiento; es el día 7, el cual refleja una mejor aceptabilidad.

Cuadro 9. Prueba de Wilcoxon para aceptabilidad general en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamiento		Z	p
7 días	0 días	-1.136	0.256
	15 días	-3.746	0.0000
	30 días	-4.355	0.000

V. CONCLUSIONES

El efecto del tiempo de tratamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) durante el tiempo de almacenamiento sobre la firmeza, crecimiento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en bayas de arándanos es significativo.

El tiempo de almacenamiento de arándanos 7 días con SO_2 tuvo la menor pérdida de firmeza con 72.5 durofel; menor crecimiento de mohos y levaduras con 17 300 ufc/g y la mayor aceptabilidad general (moda 7) de bayas de arándano.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar el tratamiento con SO₂ de otras variedades de arándano, por ejemplo: Briggitta, Biloxi y Rocio; y comparar el comportamiento entre ellas, con el fin de conocer la variedad que soporte más las condiciones de transporte y almacenamiento en el proceso de exportación.

- Evaluar el uso de alternativas de conservación de origen natural, como la esencia de romero, clavo de olor, anís, menta y otros, que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad de los arándanos.

V. REFERENCIAS

Alvarez, T. 2012. Biocontrol de *Botrytis cinerea* a partir de extractos fenólicos de fresa. Instituto Politécnico Nacional. Jiquilpan, Michoacán

Andrade, M., Moreno, C., Henriquez, A. y Gómez, A. (2010). Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada, almacenada en refrigeración. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 11(1):18-27

Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España: Editorial Acribia

Arratia, M. (2005). Embalaje con bolsa de polietileno de permeabilidad restringida y su efecto en la conservación de uva de mesa variedad Crimson Seedless. Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo (Fruticultura). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Agronomía. Santiago-Chile

AgroNegocios Perú. (2016). El cultivo del arándano en el Perú.

Recuperado de:

<http://agronegociosperu.org/el-cultivo-del-arandano-en-peru/>

Asociación de Exportadores ADEX. (2009). Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EEUU. Requisitos no arancelarios para arándano fresco *Vaccinium corymbosum*

Balarezo, G. y Cruz, M. (2020). Análisis del mercado de Japón para la exportación de arándanos frescos peruanos en el 2020. Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Administración de Negocios Internacionales. Universidad Tecnológica del Perú. Chiclayo, Perú

Bierhals, V., Chiumarelli, M. y Hubinger, M. (2011). Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh – cut pineapple (*Ananas comonus* L. Merrill cv. Perola). *Journal of Food Science*, (76): 62 – 72

Brayovic, M. (2010). Evaluación cuantitativa de la firmeza de baya en uva de mesa. Universidad de Chile. Santiago, Chile

Brazelton, C. (2013). World blueberry acreage y production. North American blueberry Council. Oregon, Estados Unidos

Cantín, M., Palou, L., Bremer, V., Michailides, T. y Crisosto, C. (2011). Evaluation of the use of sulfur dioxide to reduce postharvest losses on dark and green figs. *Postharvest Biology and Technology*, (59): 150 – 158

Cantín, M., Minas, I., Goulas, V., Jiménez, M., Manganaris, G., Michailides, T. y Crisosto, C. (2012). Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, (67): 84 – 91

Carter, M., Chapman, M., Gabler, F. y Brandl, M. (2015). Effect of sulfur dioxide fumigation on survival of foodborne pathogens on table grapes under standard storage temperature. Produce Safety and Microbiology Research Unit, Western Regional Research Center, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Albany, CA, USA

Castillo, C. (noviembre, 2008). Manual de buenas prácticas agrarias sostenibles de los frutos rojos. Fundación Doñana 21. España

Chacón, R. (2006). Evaluación del efecto de distintos generadores de anhídrido sulfuroso (SO₂) sobre la incidencia de pudriciones y blanqueamiento en uva de mesa Var. Red Globe. Universidad de Talca. Talca, Chile

Cote, S. (2011). Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. Tesis para título de Magister en

Tecnología e Higiene de los Alimentos. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires-Argentina

Daifallah, A. (2010). Quality of “Taify” table grapes fumigated with carbon dioxide and sulfur dioxide. *Revista Met., Env. & Arid Land Agric. Sci*, (21): 51 – 64

Decofrut. (2013). Análisis y proyecciones de la temporada 2012/13 de paltos y arándanos. Recuperado en :
<http://www.fedefruta.cl/regionales2013/llapel/presentaciones/Alcaino.pdf>

Defilippi, B. y Manríquez, D. (2011). Evaluación de sistemas de medición de firmeza para uva de mesa y cerezas utilizados en la industria frutícola. *Fruticola*, (2): 26 – 32

Espinosa, M. (2006). Estudio de la variabilidad genética y organización cromosómica en el hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea*. Tesis Doctoral Universidad de Cádiz. España

Fiallos, H. (2012). Inhibición de *Botrytis cinerea* en rosas a base de extractos alcohólicos y acuosos de hierba mora (*Solanum nigrum*). Cayambe, Ecuador. Recuperado en: <http://hdl.handle.net/123456789/182>

Gómez, J. A. (2012). Berry Congress. Recuperado en:
http://www.berrycongress.com/resources/documents/1367241455Jose_Antonio_Gomez.pdf

González, G., Ayala, J., Rivera, J., Zavaleta, R., Villegas, M. y Tejedor, W. (2005). Reducción de deterioro en frutos de mango, durazno y nectarina utilizando irradiación ultravioleta (UV-C). *Ciencia en la frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*, (3): 49-57

Holz, G., Coertze, S. y Williamson, B. (2007). The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. In Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. y Denle, N. *Botrytis: biology, Pathology and Control*. Springer, USA

Latorre, J., Torres, R. y Zoffoli, J. (2005). The effect of preharvest fungicide and postharvest sulfur dioxide use on postharvest decay of the table grapes caused by *enicillium expansum* Postharvest Biology and Technology. (37): 20 – 30

Luchsinger. (2021). Acciones para mejorar la gasificación con SO₂. Redagícola. Recuperado en: <https://www.redagricola.com/pe/acciones-para-mejorar-la-gasificacion-con-so2/>.

Mahajan, B., Arora, N., Gill, M. y Ghuman, B. (2010). Studies on extending storage life of “Flame Seedless” grapes. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants,(2): 88 – 92

Mahajan, P., Caleb, O., Singh, Z., Watkins, C. y Geyer, M. (2013). Postharvest treatments of fresh produce. Transactions of Royal Society A, Theme issue: Intelligent Food Logistics. Vol. 372. Perth, Australia

Mandigan, M., Martinko, J. y Parker, J. (2003). Biología de los microorganismos. 10ª Edición. Madrid, España: Pearson Educación

Mazza, A., Correia, J. y Arraes, G. (2006). Qualidade higienico-sanitaria de abacaxi “pérola” minimamente procesado. RBPS, (19): 19 – 24

Mendoza, C. (2014). Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi. Tesis para optar el título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú

Mlikota, F., Gablera, B., Mercierc, J., Jiménezc, J.I., Smilanick, J.L. (2009). Integration of continuous biofumigation with *Muscodor albus* with pre-cooling fumigation with ozone or sulfur dioxide to control postharvest gray mold of table grapes. Institute for ariatic crops, put duilova 11, 21000 split, Croatia

Minsa. (2008). Norma Resolución Ministerial. N.º 591-2008. Lima, Perú

Padley, L. (2005). Firmness and storage characteristics of crisp-texture blueberries. Universidad de Florida. Estados Unidos

Pelayo, C. y Castillo, D. (2002). Técnicas de manejo postcosecha a pequeña escala: Manual para los productos hortofrutícolas. Series de Horticultura Postcosecha N° 8. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapala, México

Pérez, L. (2003). Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia

Pino, C. (2007). Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.). Tesis para grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile

Pretel, M., Martínez-Madrid, M., Martínez, J., Carreño, J. y Romajaro, F. (2006). Prolonged storage of "Aledo" table grapes in a slightly CO₂ enriched atmosphere in combination with generators of SO₂. Revista LWT-Food Science and Technology. (39): 1109 – 1116

Proyecto PDT. (2014). Optimización de manejos tecnológicos de postcosecha para aumentar el potencial de almacenaje y mejorar la competitividad de arándano de exportación: Postcosecha en arándano. Recuperado en:
http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2014/archivos/Manual_Poscosecha_Arandanos.pdf

Rivera, S., Zoffoli, J., LaTorre, A. (2013). Determination of optimal sulfur dioxide time and concentration product for postharvest control of gray mold of blueberry fruit. Postharvest Biology and Technology, (83): 40 – 46

Rodríguez, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximhai. Universidad Autónoma Indígena de México. (7): 153-170

Rodríguez, M., Wyss, A. y Hormazábal N. (2015). Evaluación de bolsa atmosfera modificada y concentraciones de anhídrido sulfuroso aplicadas sobre los frutos de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Esmerald. Scientia Agropecuaria, (6): 259 – 270

Salazar, K. (2014). Oportunidades de negocio en el mercado de Estados Unidos para las exportaciones peruanas de arándanos frescos provenientes de la región La Libertad. Tesis para optar por el título profesional de licenciada en Administración y Negocios Internacionales. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú

Scheihing, P. (2005). Elaboración de vino de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) como materia prima para la Producción de Vinagre. Tesis para Licenciado en Ciencia de Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile

Santiago, S., Rioja, M., Zoffoli, J. y Hanke, T. (2002). Efecto de distintos tipos y combinaciones de generadores de SO₂ sobre el control de pudrición y calidad de uva var. Red. Globe, bajo dos condiciones de embalaje para exportación al lejano oriente. Simionte, (72): 3 – 4

Sierra Exportadora. (2013). Situación mundial de los arándanos frescos y procesados y perspectivas próxima temporada 2013/2014. Recuperado en: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/wp-content/uploads/biblioteca-virtual/Oportunidades%20en%20Mercados%20Laborales/SITUACION%20MUNDIAL%20DE%20LOS%20ARANDANOS%20FRESCOS.pdf>

Stückrath, R. y Petzold, G. (2007). Formulación de una pasta gelificada a partir del descarte de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). Información Tecnología, (18): 53-60

Tales, M. y Ribeiro, P. (2006). Estudio del comportamiento postcosecha de la ciruela reina claudia verde. Universidad de Extremadura. Departamento de Biología y Producción de los vegetales. Badajoz, España

Van Hoorn, A. (2004). Optimisation of blueberry postharvest handling and storage. Universidad de Stellenbosh. Stellenbosh, Sudáfrica

Vilches, F. (2005). Formulación y elaboración de un “snack” de arándano con incorporación de fibra dietética. Tesis para el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile

Zapico, J. (2006). Comportamiento fenológico y productivo de nueve cultivares de cerezo (*Prunus avium* L.) durante cuatro temporadas de crecimiento en Quillota, V Región. Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso. Quillota, Chile

Zapata, L., Malleret, A.D., Lesa, C.E., Rivadeneira, M.F. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. Ciencia, Docencia y Tecnología, (41):159-171

Zutahy Y., Lichter A., Kaplunov, T. y Lurie S. (2008). Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO₂ generating pads. Department of Postharvest Science, Volcani Center, Agricultural Research Organization, P.O. Box 6, Bet Dagan 50250, Israel

Zoffoli, J. (2002). Optimización del uso de anhídrido sulfuroso en la conservación de uva de mesa. Simiente, (72): 3 – 4

Zoffoli, J., Latorre B., Naranjo P. (2007). Hairline, a postharvest cracking disorder in table grapes induced by sulfur dioxide. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

VI. ANEXOS (poner promedios en firmeza y recuento de mohos y levaduras)

Anexo 1. Resultados de firmeza y crecimiento de mohos y levaduras en bayas de arándanos sometidos a tratamiento con anhídrido sulfuroso

Promedio de firmeza (Durofel)				
Repetición	0 días	7 días	15 días	30 días
1	75	73	70	65
2	75	72	70	67
3	76	72	69	65
4	75	73	69	64

Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)				
Repetición	0 días	7 días	15 días	30 días
1	14 000	16 950	19 800	21 478
2	14 800	17 300	19 450	21 004
3	14 800	17 500	19 900	21 120
4	14 300	17 450	19 700	21 674

Anexo 2. Resultados de evaluación sensorial en bayas de arándanos sometidos a tratamiento con anhídrido sulfuroso

Juez	0 día	7 día	15 día	30 día
1	8	7	6	4
2	7	7	6	6
3	8	8	6	5
4	6	6	4	6
5	6	6	7	6
6	7	6	4	6
7	8	6	6	4
8	8	6	6	5
9	5	7	4	7
10	6	8	4	4
11	7	6	4	4
12	7	7	7	6
13	8	7	7	6
14	5	8	6	6
15	6	6	7	5
16	7	7	6	6
17	8	8	4	6
18	6	7	6	4
19	6	7	6	5
20	6	6	6	6
21	7	8	5	7
22	5	6	5	5
23	6	6	7	6
24	7	8	6	6
25	6	7	7	6
26	6	8	5	4
27	8	6	4	5
28	5	8	7	6
29	7	7	7	5
30	6	7	4	6
Total	198	207	169	163
Promedio	6.6	6.9	5.6	5.4