

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2)
sobre el peso, recuento de mesófilos y sólidos solubles en
arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. emerald

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

KEVIN JORDANO BENITES GARCÍA

TRUJILLO, PERÚ

2019

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



Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos

PRESIDENTE



Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta

SECRETARIO



Ing. Ms. Máx Martín Vásquez Senador

VOCAL



Ing. Dr. Fredy Romel Pérez Azahuanche

ASESOR

DEDICATORIA

A mis adorados padres y familiares por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso a quienes debo todo lo logrado y todo lo que logre a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Clemencia Felícita García Urbano y Santiago Benites García por su cariño y aliento, además a mi tío Roman Benites García por su apoyo incondicional en todo momento

Al Ing. Fredy Pérez Azahuanche, por el apoyo otorgado durante el desarrollo de esta investigación y a los miembros del jurado Dr. Fernando Rodríguez Avalos, Ing. Luis Márquez Villacorta e Ing. Max Vásquez Senador por los conocimientos impartidos durante la carrera profesional.

INDICE GENERAL

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	3
2.1. Arándano.....	3
2.1.1. Definición y características.....	3
2.1.2. Origen.....	3
2.1.3. Características.....	4
2.1.4. Aspectos nutricionales.....	4
2.1.5. Requerimientos climáticos.....	6
2.1.6. Plagas, enfermedades y riesgos.....	6
2.1.7. Cosecha.....	7
2.1.8. Producción de arándano en el Perú.....	8
2.2. Parámetros de calidad en arándano.....	9
2.2.1. Contenido total de sólidos solubles.....	9
2.2.2. Organismos mesófilos.....	10
2.3. Tratamientos a bajas temperaturas.....	11
2.4. Anhídrido sulfuroso.....	11
2.4.1. Aplicación en alimento.....	12

2.4.1. Generador de anhídrido sulfuroso	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de ejecución	14
3.2. Materia prima.....	14
3.3. Materiales y equipos.....	14
3.3.1. Insumos.....	14
3.3.2. Materiales	14
3.3.3. Equipos e instrumentos de laboratorio	15
3.4. Metodología.....	15
3.4.1. Esquema experimental	16
3.4.2. Procedimiento experimental para el tratamiento de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso	17
3.4.3. Métodos de análisis.....	19
3.4.3.1. Recuento de mesófilos aerobios	19
3.4.3.2. Pérdida de peso	19
3.4.3.3. Sólidos solubles	19
3.4.4. Método estadístico	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	21
4.1. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la pérdida de peso en bayas de arándano.	21
4.2. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre el recuento de mesófilos en bayas de arándano.....	25
4.3. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre el contenido de sólidos solubles en bayas de arándano.....	29
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES.....	35
VII. BLIBLIOGRAFIA.....	36
VIII. ANEXOS.....	44

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición Nutricional del Arándano.....	5
Cuadro 2.	Prueba de Levene para pérdida de peso en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	24
Cuadro 3.	Análisis de varianza para la pérdida de peso en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	24
Cuadro 4.	Prueba de Duncan para la pérdida de peso en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	25
Cuadro 5.	Prueba de Levene para el recuento de mesófilos en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	28
Cuadro 6.	Análisis de varianza para el recuento de mesófilos en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	28
Cuadro 7.	Prueba de Duncan para el recuento de mesófilos en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	29
Cuadro 8.	Prueba de Levene para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	32
	Análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	32
Cuadro 9.	Prueba de Duncan para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	33
Cuadro 10.	Análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema experimental para para la obtención de arándano tratado con anhídrido sulfuroso.....	16
Figura 2.	Diagrama de flujo para la obtención de fruta con anhídrido sulfuroso	17
Figura 3.	Pérdida de peso en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso	21
Figura 4.	Recuento de mesófilos en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	26
Figura 5.	Contenido de sólidos solubles en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.....	30

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Resultados de pérdida de peso, recuento de mesófilos y contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos sometidos a tratamiento con anhídrido sulfuroso	44
Anexo 2.	Proceso de obtención de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso.....	45

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) sobre la pérdida de peso, recuento de mesófilos y contenido de sólidos solubles en frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald. Los frutos fueron cosechados en la provincia de Virú; región La Libertad; inmediatamente se trasladaron hasta el laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la empresa TAL S.A, donde se seleccionaron, clasificaron, pesaron y dividieron en cuatro grupos, colocados en bandejas clamshells con tapa ventilada; una vez envasados, se colocaron doce clamshells en una bolsa microperforada y en cajas de cartón, para finalmente colocar el generador de anhídrido sulfuroso (2 g). Se almacenaron a 10 °C y fueron evaluadas a los 0, 10, 20 y 30 días de almacenamiento. Se determinó efecto significativo de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) sobre la pérdida de peso, recuento de mesófilos y contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos. El menor valor de pérdida de peso y recuento de mesófilos se obtuvo a los 10 días de almacenamiento con 1.39 % y 7854.25 ufc/g, respectivamente. El mayor valor de sólidos solubles corresponde al día 30 con 12.57 °Brix.

ABSTRACT

The effect of storage time with sulfur dioxide (SO₂) on the weight loss, mesophilic count, and soluble solids content in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald was evaluated. Fruits of blueberry were harvested in the province of Virú; region La Libertad; immediately moved to the laboratory of quality assurance of TAL S.A. The fruits were selected, classified, weighed, and divided in four groups, were put on trays clamshells with vented cap; once packed, were put twelve clamshells in microperforated bags and cardboard boxes, and finally placed the generator sulfur dioxide (2 g). They were stored at 10 °C and were evaluated at 0, 10, 20 and 30 days of storage. The time of storage with sulfur dioxide (SO₂) had a significant effect on the weight loss, mesophilic count, and soluble solids content in blueberries. The lowest value of weight loss and mesophil count was obtained after 10 days of storage with 1.39% and 7854.25 cfu/g. respectively. The highest value of soluble solids corresponds to day 30 with 12.57 ° Brix.

I. INTRODUCCION

El arándano posee atractivas características y propiedades nutricionales, por representar una importante fuente de antioxidantes y vitaminas, entre otras. Durante los últimos años, su demanda ha aumentado debido a sus beneficios para la salud, convirtiéndose en un producto muy atractivo para la industria frutícola de exportación (Revista Somos Beta, 2015).

El fruto del arándano es muy perecedero debido a que presenta una tasa respiratoria elevada (Godoy, 2004), del tipo climatérico donde el etileno es producido al momento de la cosecha, susceptible a la descomposición rápida por lo que tiene una corta vida post cosecha (Hancock y otros, 2008).

La presencia de microorganismos y el almacenamiento inadecuado de las frutas y hortalizas son la causa principal de modificaciones de calidad y pérdidas postcosecha. Las reacciones de degradación que se producen afectan a cualidades sensoriales tales como el color, firmeza, aroma, sabor, así como, el valor nutricional (Andrade y otros, 2010; González y otros, 2005).

Debido a estos problemas de postcosecha del arándano se ha investigado y probado tecnologías para reducir enfermedades fungosas y extender la vida de mercado de sus frutos, como biofumigantes o compuestos volátiles tales como el isotiocianato de alilo responsable del sabor picante de la mostaza o la inclusión de complejos aromáticos como β -cyclodextrin-hexanal. También, se han utilizado recubrimientos comestibles, quitosano, inhibidores de la acción del etileno como 1-metilciclopropeno, radiación ultravioleta e irradiación gamma; además, de tratamientos con agua

caliente y dióxido de cloro. Sin embargo, el anhídrido sulfuroso (SO_2) ha sido el de mayor importancia (Rodríguez y otros, 2015).

La gasificación con anhídrido sulfuroso produce una esterilización superficial y también reduce las pérdidas por pudriciones en postcosecha, especialmente las causadas por *Botrytis*. El anhídrido sulfuroso favorece la mantención de una buena apariencia por su efecto antioxidante, evitando que pierda su color natural. El uso del SO_2 es una alternativa que permite un efectivo control sobre las pudriciones durante los transporte de períodos prolongados y a grandes distancias (Arratia, 2005; Palou, 2007).

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál es el efecto del tiempo de almacenamiento (0, 10, 20 y 30 días) con anhídrido sulfuroso (SO_2) sobre la pérdida de peso, recuento de mesófilos y sólidos solubles en arándano (*Vaccinium corymbosum*) cv. Emerald?

Los objetivos propuestos fueron los siguientes:

Evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) sobre la pérdida de peso, recuento de mesófilos y sólidos solubles en arándano cv. Emerald.

Determinar el tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso que obtuvo la menor pérdida de peso, el menor recuento de mesófilos y mayor contenido de sólidos solubles en arándano cv. Emerald.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Arándano

2.1.1. Definición y características

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es una especie frutal arbustiva, perteneciente al género *Vaccinium*, familia *Ericaceae*, que se desarrolla en forma natural en Norteamérica. Existen tres especies que tienen importancia económica: *Vaccinium angusti folium* Alton (arándano bajo o “lowbush”), *Vaccinium ashei* Reade (arándano ojo de conejo o “rabbiteye”) y *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto o “highbush”) (Hancock, 2002).

2.1.2. Origen

El arándano o blueberry es un frutal originario de Norteamérica (Rosas, 2008). Los arándanos son especies arbustivas que pueden llegar a medir 4 m, su origen geográfico es el Hemisferio Norte, especialmente los Estados Unidos y Canadá. La mayor extensión cubierta por este frutal corresponde al arándano bajo, que crece silvestre en las regiones frías de Norteamérica. El arándano alto y el arándano ojo de conejo son variedades comerciales (Hancock, 2002).

El “arándano bajo” se encuentra principalmente en estado silvestre, presenta una alta capacidad para emitir brotes vegetativos que le permiten formar extensas colonias. Tiene importancia porque ha contribuido al mejoramiento genético para la selección de clones mejorados de “arándano alto”. Las principales zonas de producción en

el mundo son: Estados Unidos, Canadá, Polonia, Chile, Argentina, Australia, Holanda, Bielorrusia, Rumania y Francia (Hancock, 2002).

2.1.3. Características

Forma: el fruto es una baya esférica, redonda u oval.

Tamaño: su tamaño es parecido al de una aceituna, de entre 7 y 12 mm de diámetro.

Color: su color es negro cuando alcanza la plena madurez o rojo, según la variedad. Aparece cubierto por un polvillo azulado o una película resistente más o menos brillante.

Sabor: la piel es tersa y su pulpa jugosa y aromática de sabor agridulce.

2.1.4. Aspectos Nutricionales

Las propiedades nutricionales y nutraceuticas del arándano son constantemente investigadas y promovidas. Su consumo ha sido recomendado para todo tipo de personas, destacando su bajo aporte calórico, su contenido de fibra, su elevado aporte de potasio y por ser buena fuente de Vitamina A y C (Pino, 2007).

El valor nutricional del arándano, según la estandarización de la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos, lo resume como un alimento entre bajo y libre de grasas y sodio, libre de colesterol y rico en fibras y vitamina C. El consumo de esta fruta en porciones de alrededor de 142 g (5 onzas), aporta a la dieta alimenticia diaria lo que se expone en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición nutricional del arándano

Nutrientes	Valor por 100 g
Agua (g)	87.4
Proteínas (g)	0.3
Fibras (g)	1.7
Calorías (Kcal)	42
Vitaminas	
Vitamina A (UI)	30
Vitamina B1 (mg)	0.014
Vitamina B2 (mg)	0.0024
Vitamina B6 (mg)	0.012
Vitamina C (mg)	12
Ácido nicotínico (mg)	0.2
Minerales	
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	72
Calcio (mg)	14
Magnesio (mg)	6
Manganeso (mg)	0.5
Hierro (mg)	0.5
Fósforo (mg)	10

Fuente: ADEX (2009).

2.1.5. Requerimientos Climáticos

Los arándanos se adaptan a distintos climas, de acuerdo a la especie considerada. Además, éstas condiciones afectan la calidad de los frutos, que en general estos tienen mejor sabor en aquellas áreas donde los días son más largos y las noches frías cuando madura la fruta. Se debe tener en cuenta que los arándanos prefieren suelos ácidos (pH 4.5), livianos, con abundante materia orgánica (más de 5%), bien drenados y con adecuado abastecimiento de agua durante la temporada de crecimiento.

El clima de Perú permite la producción en cualquier semana del año, es decir, cuenta con buenas condiciones agroclimáticas. (ASPA, 2003).

El tipo de suelo no es problema para el cultivo del arándano ya que puede ser tratado agregándole los elementos necesarios, el pH del suelo puede ser controlado acidificando el agua, y la conductividad de la sal se maneja con fosfato; a su vez señalo que se puede cultivar arándanos prácticamente en arena como si se tratara en un sistema de hidroponía (Rojas, 2014).

El potencial en la sierra es alto por ser el arándano un cultivo que se puede producir en pequeña escala y que se adaptan bien a las condiciones de clima en las partes bajas y laderas de los valles interandinos (Pomareda, 2015).

2.1.6. Plagas, enfermedades y riesgos

Existen dos tipos de riesgos, los riesgos sanitarios en los cultivos la cual se caracteriza porque hay dos plagas claves, en la fase

inicial; las principales plagas son *prodiplosis longifila* y las queresas; en la fase vegetativa la *heliolithis virences*, la anómala, *prodiplosis longifila* y las queresas; y en la fase reproductiva, las aves y la plaga *botrytis*. Y el segundo riesgo es la que se da durante la cosecha el cual es el alto requerimiento de mano de obra que podría acarrear la baja productividad en la cosecha (Gómez, 2014).

Las experiencias en control fitosanitario con los arándanos son diversas debido a que por ser una planta tipo arbustiva de la familia de las Ericáceas y por tener más de 35 variedades nativas en el Perú se hace muy atractivo a diversas especies de insectos. Además la presencia y presión de las plagas dependerá de la zona y/o valle donde se instale el producto (Carhuana, 2014).

2.1.7. Cosecha

La cosecha del arándano debe de ser de manera manual para no maltratar a la fruta, el fruto debe de ser 100% azul, el fruto debe de tener presencia de Pruina, deben de ser colocados en envases plásticos de 125 g, la cosecha debe de ser bajo la sombra y debe de ser enfriado a 2°C con 95% de humedad relativa (Escrura, 2014).

La cosecha del arándano debe realizarse evitando que la fruta se contamine, se debe cosechar por variedad y no se debe de cosechar con lluvia, ni con rocío o a temperaturas mayores a 30°C. Adicionalmente los cosecheros deben ser capacitados en la forma adecuada de cosechar, deben de conocer los índices de cosecha los cuales son: 100 % color azul. <7°Brix, entre 0,4 a 1.31 % de acidez titulable, de consistencia firme al tacto, cera natural <90 % superficie de fruta (Benavides, 2014).

La selección de arándano se realiza selectivamente en 5 a 8 pasadas, 100% de color azul violáceo el cual refleja su estado maduro y con una cubierta de pruina natural que le imprime al fruto una tonalidad opaca, esa cubierta natural no debe ser removida lográndose únicamente con un mínimo manipuleo. Entre los problemas más comunes de esta especie está la herida que se produce al extraer el fruto del pedicelo siendo en algunas variedades fuente de mermas (Benavides, 2014).

2.1.8. Producción de arándano en el Perú

El Perú tiene actualmente unas 2250 ha. de arándanos, desde que empezó con este cultivo en el 2008. En el 2014 su crecimiento era de 20% anual en áreas, impulsado por la expansión de las empresas más grandes. Actualmente el crecimiento por año es 10%-15%. Se ha aumentado en cuatro años de 400 a 2250 ha. cultivadas (AgroNegocios Perú, 2016).

El incremento de las exportaciones del arándano peruano ha sido intenso durante los últimos cuatro años. Se pasó de casi cero exportaciones en el 2011, a USD 465 mil en el 2012, para luego saltar a los USD 15,1 millones en el 2013 y a los USD 29,2 millones en el 2014, para culminar con más de USD 94 millones en 2015 (Portal Frutícola, 2015).

Los mercados que nos demandan estos frutos también son más. En el 2015 se contó con 20 países de destino, diez más que en el 2014, aunque sigue siendo Estados Unidos el mayor cliente, al concentrar más de la mitad de la compra (USD 53,2 millones), seguido de Holanda (USD 25,7 millones), Reino Unido (USD 11,5 millones) y Hong Kong (USD 5,9 millones) (Portal Frutícola, 2015).

2.2. Parámetros de calidad en arándano

El manejo de postcosecha tiene como objetivo mantener la calidad obtenida en el cultivo, de modo que los arándanos estén disponibles al consumidor con su máximo sabor, buena textura, valor nutritivo y libre de patógenos. Para lograrlo, uno de los aspectos más importantes es la manipulación inmediata en relación a condiciones de almacenamiento y empaque (INIA, 2012).

Los índices más utilizados para medir la madurez de un fruto son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez, siendo todos ellos de empleo muy práctico. Otros autores señalan como índices de maduración el tamaño del fruto, gravedad específica, morfología y estructura de la superficie, firmeza, contenido de azúcares, contenido de ácidos, proporción azúcar/ácido, otros. La postcosecha en el arándano se define tradicionalmente por aspectos estéticos como textura (firmeza, jugosidad y turgencia) y apariencia (color, frescura y ausencia de pudrición o desórdenes fisiológicos) (Zapata y otros, 2013).

2.2.1. Contenido total de sólidos solubles

Se refiere a aquellos componentes que son solubles en agua. En el caso de algunos productos como el jugo de frutas, los sólidos solubles están constituidos principalmente por azúcares, tales como glucosa, fructosa y sacarosa y, en menor grado, por ácidos orgánicos y algunas proteínas. El contenido de sólidos solubles se mide con un refractómetro, expresando su resultado °Brix (Pino, 2007).

La escala Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en frutas frescas, zumos de fruta, vino o líquidos procesados dentro de la industria agroalimentaria; ya que en realidad, lo que se determina es el contenido de sólidos solubles totales; en la industria agrícola, los técnicos siempre hacen referencia al contenido de azúcares y se utiliza para hacer un seguimiento in situ en la evolución de la maduración de frutos y su momento óptimo de recolección (Domene y Segura, 2014).

En los frutos maduros, los sólidos solubles totales tienen importancia por estar formados de compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general la calidad de las frutas. En el caso de los arándanos estos sólidos solubles pueden variar entre 10 a 17% al momento de la cosecha (Pino, 2007).

2.2.2. Organismos mesófilos

Los microorganismos mesófilos crecen a una temperatura óptima de 20 a 45 °C, siendo la mínima de 15 a 20 °C, y la máxima de casi 45 °C. La mayoría de los alimentos industrializados (excepto productos fermentados) deben ser considerados como inadecuados para el consumo, cuando contienen un gran número de microorganismos, aun cuando no sean conocidos como patógenos y no hayan alterado de forma apreciable los caracteres organolépticos del alimento. Unos recuentos altos de estos microorganismos en alimentos estables a menudo indican materias primas contaminadas, lo que significa que pueden haberse dado condiciones favorables a la multiplicación de los microorganismos patógenos de origen humano–animal (Zazueta, 2007).

2.3. Tratamientos 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, no sólo se reduce la actividad enzimática responsable del pardeamiento, de manera que se conserve la calidad del producto, sino que, además, las velocidades metabólicas descienden significativamente, ambas disminuciones contribuyen a incrementar la vida útil del producto (Pérez, 2003; Mendoza, 2014).

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) aumentará 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 que sufren. Reduciendo la tasa de pérdida de agua se disminuye también la velocidad de marchitamiento y resecamiento, que es una causa seria de pérdidas postcosecha (Pelayo y otros, 2002; Mendoza, 2014).

2.4. Anhídrido sulfuroso

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. Este gas comenzó a usarse en California para prevenir las pudriciones y la fermentación en uva de vino. El uso del SO₂ se extendió a los embarques de uva de mesa y, actualmente, es indispensable para la exportación y conservación de frutas como uva. El anhídrido sulfuroso es el agente

químico que controla eficazmente las pudriciones en post cosecha (Arratia, 2005).

2.4.1. Aplicación en alimentos

Para el caso de las uvas de mesa se le aplican dosis de SO₂ que detienen el avance de las infecciones dependiendo de la variedad, ya que los diferentes cultivares tienen un grado de sensibilidad distinto a la penetración del hongo (pigmentación y grosor de la cutícula) y su desarrollo (contenido de azúcares) (Auger, 1989).

Harvey y Uota (1978) afirma que la gasificación con SO₂ produce una esterilización superficial de racimo de uva y también reduce las pérdidas por pudriciones en post cosecha, especialmente las causadas por botrytis. Sin embargo no es capaz de controlar las infecciones que se hayan establecido en el huerto antes de la cosecha y que se encuentren en el interior de las bayas.

El SO₂ favorece la mantención de una buena apariencia del escobajo por su efecto antioxidante, evitando que pierda su color natural. Esto se debe posiblemente a que el escobajo absorbe 10 veces la concentración que absorben las bayas, lo que se debería a la diferencia entre el tejido de la baya y del escobajo que produce esta distinta capacidad de absorción y retención del SO₂ (Lizana, 1988).

2.4.2. Generador de anhídrido sulfuroso

El generador de SO₂, en las gasificaciones periódicas, permite el transporte de algunas frutas, durante períodos prolongados y a grandes distancias; es un dispositivo a base de metabisulfito de sodio

($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) que al reaccionar con el vapor de agua (humedad que rodea la fruta) genera SO_2 .

Según Arratia (2005), los generadores de SO_2 presentan dos fases de emisión:

Fase 1, conocida como “fase rápida”: Se produce dentro de las 4 primeras horas después de cerrado el envase y generaría alrededor de 100 ppm de SO_2 . Esta fase inhibe la germinación de las esporas y esteriliza las heridas causada durante la cosecha y embalaje.

Fase 2, conocida como “fase lenta”: Se libera SO_2 lentamente después de 2 o 3 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 usa, básicamente, dos tipos de generadores de SO_2 , generador de papel y generador plástico o laminar.

Todos tienen como ingrediente activo metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), el que va en diferentes cantidades dependiendo de 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 films plásticos o de papel (Arratia, 2005).

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, distrito de Salaverry, región la Libertad

3.2. Materia prima

Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald, procedente del Fundo Antena B, distrito de Chao, provincia de Virú, región La Libertad.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Insumos

- Almohadillas generadoras de anhídrido sulfuroso (SO₂).
Contiene: 2 g de Na₂S₂O₅ en polvo. Marca Osku.

3.3.2. Materiales

- Clamshell 4.4 Oz (125 g). Marca OskuPack
- Caja cartón genérica negra 1.5 kg. Marca Trupal
- Absorbpad 27 x 36 unilaminar 50 g. Marca Matesa
- Bolsas microperforadas contenedoras de fruta de 58 x 35 cm.
Marca Matesa

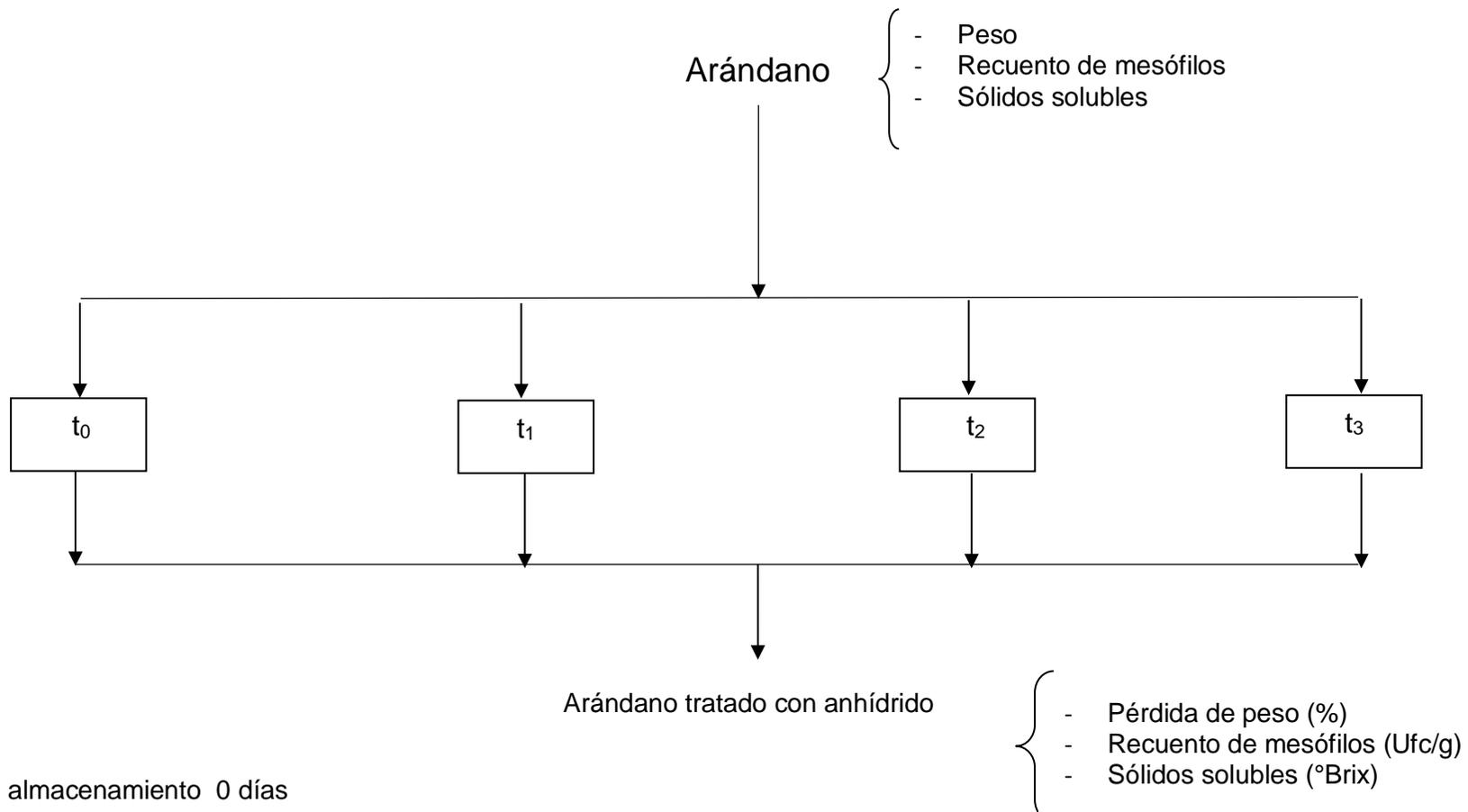
3.3.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza analítica, marca Sartorius. Rango de 0 a 3100g. Precisión ± 0.00001 mg. exactitud de 0.1 mg.
- Termómetro digital. Marca Hanna. Rango de -50 a 150°C. Precisión ± 0.3 °C.
- Refractómetro portátil Marca Atago, Rango de 0- 32 °Brix.
- Vernier de metal Marca Stanley

3.4. Metodología

3.4.1. Esquema experimental

En la Figura 1, se presenta muestra el esquema experimental para la experimentación y evaluación de arándanos frescos almacenados con anhídrido sulfuroso (SO₂). La variable independiente fue: tiempo de almacenamiento y variables dependientes: pérdida de peso, recuento de mesófilos y sólidos solubles



Leyenda:

t₀: tiempo de almacenamiento 0 días

t₁: tiempo de almacenamiento 10 días

t₂: tiempo de almacenamiento 20 días

t₃: tiempo de almacenamiento 30 días

Figura 1. Esquema experimental para para la obtención de arándano tratado con anhídrido sulfuroso

3.4.2. Procedimiento experimental para el tratamiento de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo para el procesamiento de arándanos con anhídrido sulfuroso.

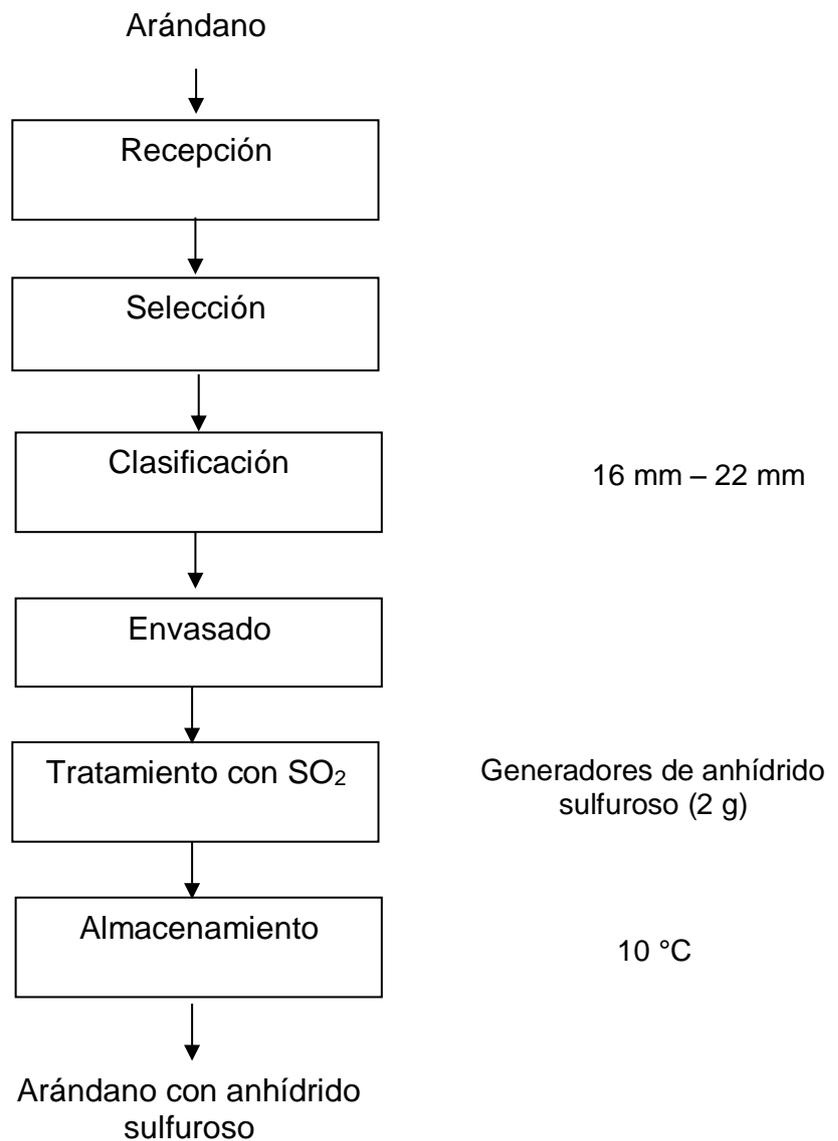


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de arándano con anhídrido sulfuroso

A continuación se describe cada operación para el tratamiento de bayas de arándano almacenadas con anhídrido sulfuroso, según el diagrama que se presenta en la Figura 2.

Recepción: Las bayas de arándano fueron recepcionadas en bandejas plásticas con capacidad 3 kg. El arándano fue recibido en planta teniendo cuidado de no proporcionarle daño físico o mecánico

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 basadas en sus atributos de calidad (tamaño) haciendo uso de un vernier. Se tomaron bayas de 16 a 22 mm de diámetro.

Envasado: Se pesó aproximadamente 125 g de frutos en clamshells de 4.4 Oz para cada tratamiento registrando el valor .

Tratamiento con SO₂: Una vez empacado, se colocó la 1 bolsa microperforada dentro de la caja, seguido de un absorpad para la absorción de humedad; luego se colocaron los 12 clamshell en una caja de cartón de 1.5 kg, para finalmente colocar el generador con anhídrido sulfuroso.

Almacenamiento: Se almacenaron las muestras a 10 °C.

3.4.3. Métodos de análisis

3.4.3.1. Pérdida de peso

Se determinó periódicamente pesando los envases antes y después de cada periodo de almacenamiento. Los resultados fueron expresados como porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial (Chiumarelli y otros, 2007).

3.4.3.2. Recuento de mesófilos aerobios

Para el análisis se separaron asépticamente 10 g de cada muestra que fueron homogenizadas en 90 mL de agua peptonada al 0.1%. Luego realizándose diluciones sucesivas hasta 10^{-3} . El recuento de bacterias aerobias mesófilas se determinó usando el método de siembra en superficie en Agar Patrón para Recuento – PCA (Merck) como medio, por duplicado. Las placas se incubaron a 35 °C durante 48 h. Los resultados se reportaron en ufc/g (Oms, 2008).

3.4.3.3. Sólidos solubles

Los sólidos solubles se determinaron utilizando un refractómetro de mano (0-32% sólidos solubles), calibrado a 20 °C, mediante la lectura de jugo extraído por extrusión del fruto del arándano (Godoy, 2004).

3.4.4 Método estadístico

Para la evaluación de las variables paramétricas: pérdida de peso, sólidos solubles y recuento de mesófilos se utilizó un diseño unifactorial con cuatro repeticiones, utilizándose la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas; seguido del análisis de la varianza, para evaluar el efecto de la variable independiente; y, finalmente la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para determinar el mejor tratamiento, todas con un nivel de confianza del 95 %. Se utilizó el Software IBM SPSS Statistics versión 19, 2010.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la pérdida de peso en bayas de arándano.

El porcentaje pérdida de peso en las bayas de arándanos aumentó en función del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (Figura 3).

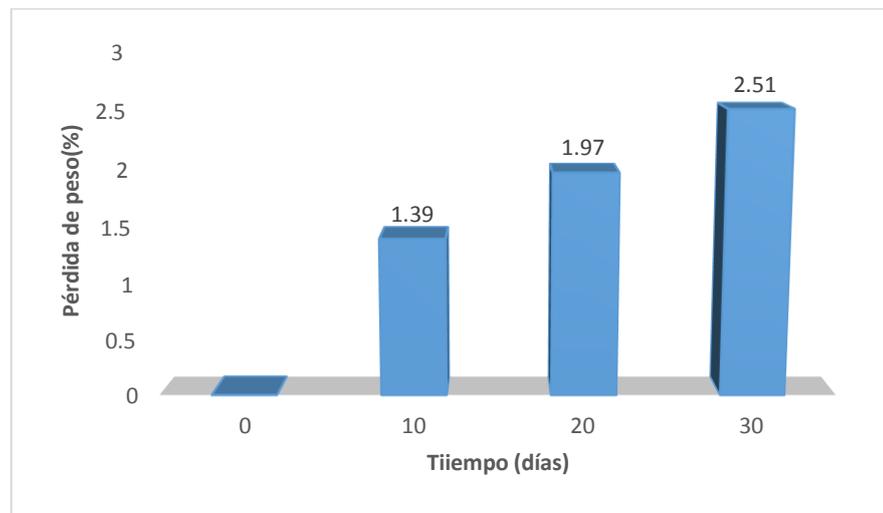


Figura 3. Pérdida de peso en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Rodríguez y otros (2015) evaluaron técnicas de atmósfera modificada y aplicación de anhídrido sulfuroso (0, 1 y 2 g de metabisulfito de sodio) sobre parámetros de calidad de postcosecha en frutos de arándanos cv. Emerald durante 7, 14, 21 y 28 días a 0 °C. De acuerdo con los resultados, se observó un aumento de pérdida de peso en todos los tratamientos a medida que aumentaron los días de almacenaje, siendo el

valor a los 7 días de almacenamiento de 0.10 %- 0.20% y el valor final a los 28 días de almacenamiento de 0.70% - 0.80%.

Los arándanos son frutos perecederos debido a la alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales como lo demuestra su alta velocidad respiratoria. El rápido deterioro comercial del producto viene determinado tanto por el consumo de sus propias reservas nutritivas como por la pérdida de agua por transpiración (Beltrán, 2010).

La transpiración es la principal causa de la pérdida de agua de las frutas y vegetales ocasionando pérdidas de peso, deterioro en la apariencia (marchitamientos y arrugamientos), disminución de firmeza (ablandamiento, pérdida de turgencia), cambios en la calidad nutricional, además de una mayor susceptibilidad a determinadas alteraciones tanto fisiológicas como patológicas (Mishra y Gamage, 2007).

Los arándanos son susceptibles a la deshidratación, siendo 3% el valor de pérdida de peso máximo admisible para su exportación. Reconociendo la importancia de las bajas temperaturas en la mantención de la calidad y duración de la fruta en almacenaje, es indispensable evitar que la cadena de frío se rompa durante el transporte, de forma que la fruta se mantenga en óptima condición hasta su comercialización (Rojas, 2005).

Es importante destacar que la cutícula y la presencia de cera del fruto evitan la desecación; por otra parte, la cicatriz del pedúnculo corresponde a una importante vía de pérdida de humedad (Rodríguez y otros, 2015).

Un mejor enfriamiento y menor posibilidad de condensación puede lograrse, aumentando el grado de perforación de la bolsa. Sin embargo esto implica un mayor contacto entre el aire de enfriamiento y el SO₂ emanado

por el generador, lo que se traduce en menor SO_2 libre entre las bayas y, finalmente, en pudriciones además de deshidratación (Chacón, 2005).

Petri y otros (2008) mencionan que el metabisulfito de sodio (ingrediente activo de los generadores de anhídrido sulfuroso) reducen la tasa de respiración mediante inactivación de actividades enzimáticas en frutas y vegetales.

Doulati (2013) evaluó el efecto de tres niveles de SO_2 (0, 1 y 2 almohadillas generadoras de SO_2) y dos tipos de bolsas de polietileno (perforadas y no perforadas) sobre la calidad, tiempo de vida y pudrición en uva cv. Bidaneh Sefid durante diferentes periodos de almacenamiento (45, 90 y 135 días) a 1 °C. La pérdida de peso en las muestras control (1.38%) fue significativamente más alta que en los tratamientos con SO_2 (1.05 y 1.30%), debido a que reduce la velocidad de respiración. Además, los resultados de pérdida de peso fueron más severos en las bolsas de polietileno perforado que en las bolsas de polietileno no perforado.

Kim y otros (2010) evaluaron la influencia del almacenamiento en atmósfera modificada (control, CO_2 , SO_2 y O_3) en los parámetros de calidad de arándanos "Tifblue" almacenados a 2 °C y evaluados a los 0, 16, 34 y 48 días. La pérdida de peso aumentó con el tiempo de almacenamiento, independientemente del tratamiento; así mismo el porcentaje de pérdida de peso fue mayor en la muestra control (9.0%), mientras que la muestra almacenada con SO_2 mostró la menor pérdida de peso (4.0%).

En el caso de esta investigación, el porcentaje de pérdida de peso fue de 2.51% (por debajo del límite mencionado de 3%) hasta los 30 días de almacenamiento; por lo tanto, se puede considerar que hasta ese tiempo se considera un producto adecuado para exportación. Sin embargo, dependerá mucho de los límites permisibles entre la empresa y/o cliente para poder exportar.

En el Cuadro 2, se presenta la prueba de Levene para la pérdida de peso en bayas de arándano, donde se observa que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 2. Prueba de Levene para pérdida de peso en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Variable	Estadístico de Levene	p
Pérdida de peso (%)	1.372	0.298

En el Cuadro 3, se presenta el análisis de varianza para la pérdida de peso en bayas de arándano. El análisis muestra que los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre la pérdida de peso.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la pérdida de peso 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	13.975	3	4.658	22360.760	0.000
Error	0.002	12	0.000		
Total	48.376	16			

En el Cuadro 4, se observa los resultados de la prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan aplicada a la pérdida de peso en bayas de arándanos, donde se observa que existió diferencia significativa

entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. En el tratamiento con 10 días de almacenamiento con SO₂ se obtuvo el valor más aceptable en pérdida de peso con 1.39%

Cuadro 4. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamiento (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
0	0.0000			
10		1.3900		
20			1.9650	
30				2.5100

3.2. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre el recuento de mesófilos en bayas de arándano.

El recuento de mesófilos en las bayas de arándanos disminuyó en función del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (Figura 4).

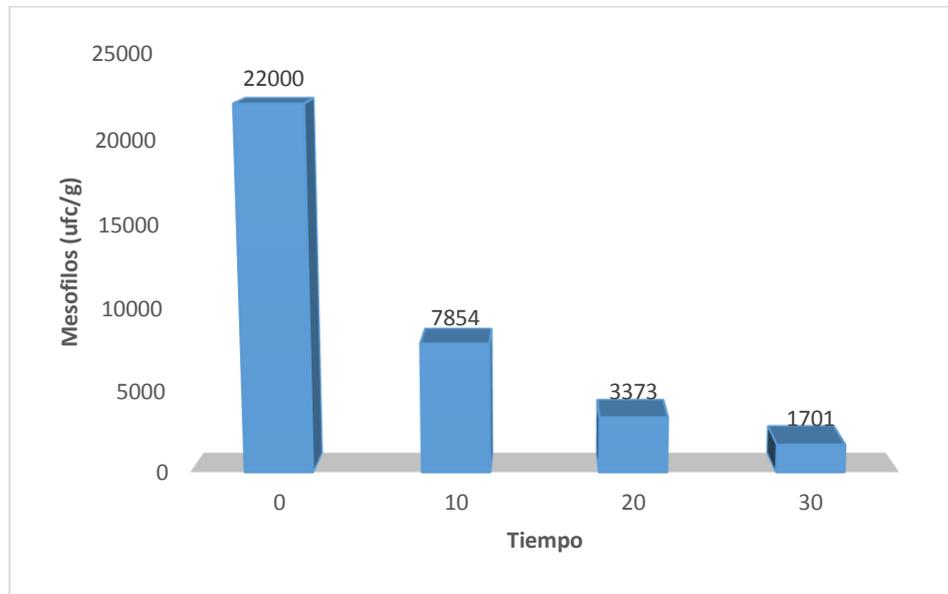


Figura 4. Recuento de mesófilos en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

La actividad microbiana es la principal causa de deterioro de los alimentos y, en la mayoría de los casos, es la responsable de la pérdida de calidad y salubridad (Djioua y otros, 2010).

El recuento de microorganismos mesófilos es considerado el recuento indicador más general y amplio de alimentos, pues incluye todos los géneros aerobios y facultativos, que crecen en medios simples a 20 – 45 °C. El número de microorganismos mesófilos es un indicador del grado de contaminación de los alimentos en cualquier etapa del proceso de producción (Alonso y Poveda, 2008).

El anhídrido sulfuroso 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. Sin embargo, no es capaz de controlar las infecciones que se hayan establecido en el huerto

antes de la cosecha y que se encuentren en el interior de las bayas (Arratia, 2005).

Cantín y otros (2012) evaluaron el efecto de SO₂ sólo 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 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 el que fue seguido por el almacenamiento en atmósfera de CO₂ elevadas (6% -12%).

El uso y manejo de generadores de SO₂ constituye una etapa crítica en el control de pudriciones y evitar el daño por este gas en la fruta. La dosis de SO₂ que detiene el avance de las infecciones depende de la variedad, ya que los diferentes 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).

Cada microorganismo tiene una temperatura de crecimiento adecuada. La falta de crecimiento a temperaturas bajas se debe a la reducción de la velocidad de crecimiento por la reducción de la velocidad de reacción y al cambio de estado de los lípidos de la membrana celular que pasan de ser fluidos cristalinos impidiendo el funcionamiento de la membrana celular. Es importante tener en cuenta que a temperaturas bajas, el metabolismo celular disminuye y las células detienen su crecimiento; aunque no tienen por qué morir (Madigan, 2014).

Los recuentos de mesófilos se encontraron por debajo del límite máximo permisible de 10⁴ a 10⁶ ufc/g, recomendado para frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas (MINSA, 2008) hasta los 30 días de almacenamiento; como se ha mencionado: el tipo de embalaje y la

condiciones de proceso pueden haber influido en los resultados finales; siendo aún aceptables microbiológicamente.

En el Cuadro 5, se presenta la prueba de Levene para el recuento de mesófilos en bayas de arándano, donde se observa que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 5. Prueba de Levene para el recuento de mesófilos en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Variable	Estadístico de Levene	p
Recuento de mesófilos (ufc/g)	1.319	0.314

En el Cuadro 6, se presenta el análisis de varianza para el recuento de mesófilos en bayas de arándano, que muestra que el tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) tuvo efecto significativo, a un nivel de confianza del 95%, sobre el recuento de mesófilos.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el recuento de mesófilos 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	1019853100.688	3	339951033.563	1042.294	0.000
Error	3913880.250	12	326156.688		
Total	2243749629.000	16			

En el Cuadro 7, se observa los resultados de la prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan aplicada al recuento de mesófilos en bayas de arándanos, donde se indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. En el tratamiento con 10 días de almacenamiento con SO₂ se obtuvo el valor más aceptable en el recuento de mesófilos con 7854.25 ufc/g.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para el recuento de mesófilos en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamiento (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
30	1701.250			
20		3372.750		
10			7854.250	
0				22000.000

3.3. Efecto del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre el contenido de sólidos solubles en bayas de arándano.

El contenido de sólidos solubles en las bayas de arándanos aumentó en función del tiempo de almacenamiento con anhídrido sulfuroso (Figura 5).

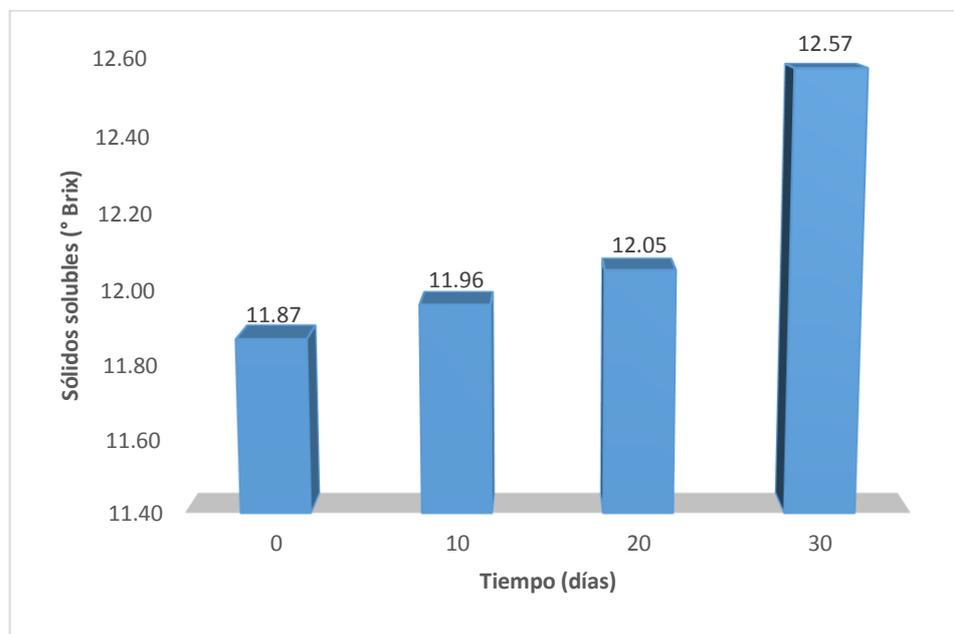


Figura 5. Contenido de sólidos solubles en bayas de arándano en función de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso.

Rajak y otros (2014) evaluaron el efecto del contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento de frutas de litchi (control, SO_2 , Borex y Bavistin) a $14\text{ }^\circ\text{C}$ y evaluados durante 21 días. Los resultados mostraron un aumento del contenido de sólidos solubles en forma proporcional a la duración del periodo de almacenamiento para todos los tratamientos; siendo el valor inicial para el tratamiento con SO_2 de $13.90\text{ }^\circ\text{Brix}$ y al final de la evaluación de $19.20\text{ }^\circ\text{Brix}$.

Durante el proceso de maduración de las frutas, el cambio cuantitativo más importante es la casi total conversión del almidón en azúcares; a lo largo de este proceso, se altera tanto el gusto como la textura. En el arándano, glucosa y fructosa son los principales azúcares, encontrándose pequeñas cantidades de sacarosa (Figuerola y otros, 2010).

El contenido de sólidos solubles también aumentó debido a una reducción del contenido de agua en los arándanos durante el almacenamiento (Almenar y otros, 2008).

Según Olivas y Barbosa (2005) el contenido de acidez tiende a disminuir y el de azúcar a aumentar con la maduración de los frutos. El porcentaje de pérdida de agua en frutas durante el almacenamiento debe ser siempre considerado para la interpretación de los valores de acidez titulable y sólidos solubles. La pérdida de agua provoca aumento aparente de la concentración de estos parámetros, que pueden ser malinterpretados como un verdadero cambio en la cantidad de ácidos y azúcares presentes en frutas mínimamente procesadas.

Daifallah y otros (2010) investigaron 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; los resultados mostraron que el contenido de sólidos solubles aumentó durante el tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos, siendo el valor más alto para el tratamiento control al final del almacenamiento (21.44 °Brix) y menores valores para los tratamiento con CO₂ (20.04 °Brix) y SO₂ (20.57 °Brix).

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Levene para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándano, donde se observa que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 8. Prueba de Levene para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Variable	Estadístico de Levene	p
Sólidos solubles	2.096	0.154

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándano. El análisis muestra que la variable independiente: días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el contenido de sólidos solubles.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles 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	1.193	3	0.398	299.422	0.000
Error	0.016	12	0.001		
Total	2348.200	16			

En el Cuadro 10, se observa los resultados de la prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan aplicada al contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos, donde se observa que existió diferencia

significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. En el tratamiento con 30 días de almacenamiento con SO₂ se obtuvo el valor más aceptable en el contenido de sólidos solubles con 12.57 °Brix.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos a diferentes días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso

Tratamiento (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
0	11.86675			
10 días		11.95825		
20 días			12.04975	
30 días				12.57100

IV. CONCLUSIONES

Se determinó efecto significativo de los días de almacenamiento con anhídrido sulfuroso sobre la pérdida de peso, recuento de mesófilos y contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos.

El tiempo de almacenamiento con 10 días con SO₂ produjo la menor pérdida de peso con 1.39 %, menor recuento de mesófilos con 7854.250 ufc/g. El tiempo de almacenamiento con 30 días con SO₂ produjo el mayor valor de sólidos solubles con 12.57 °Brix.

V. RECOMENDACIONES

Evaluar el uso de otras variedades de arándano como Biloxi, Ventura, Rocio y comparar el comportamiento entre ellas como su tasa de respiración, con el fin de conocer la variedad que soporte más las condiciones de transporte y almacenamiento en el proceso de exportación.

Evaluar la combinación del uso de SO₂ con otras tecnologías como bolsas pallet, mantas antiáfidas, mantas térmicas, que permitan mejorar la calidad de frutas frescas y mínimamente procesadas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

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

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

Almernar, E.; Samsudin, H.; Auras, R.; Harte, B.; Rubino, M. Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. *Revista Food Chemistry*, 110: 120 – 127.

Alonso, L.; Poveda, J. 2008. Estudio comparativo en técnicas de recuento rápido en el mercado y placas Petrifilm 3M para el análisis de alimentos. Pontificia Universidad Javeriana.

Andrade, M.; Moreno, C.; Henríquez, 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.

Arratia, M. 2005. Embalaje con bolsa de polietileno de permeabilidad restringida y su efecto en la conservación de uva de mesa var. *crimson seedless*, M. Universidad de Chile. Facultad de ciencias agronómicas, Escuela de agronomía. Santiago-Chile.

Asociación de Exportadores ADEX, 2009. Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EEUU. Requisitos no arancelarios para arándano fresco "*Vaccinium corymbosum*". Disponible en:

<http://es.slideshare.net/hlarrea/bid-arandano-fresco>

Beltrán, A. 2010. Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Asociación de Promoción Agraria Perú, 2003. El Cultivo del Arándano. Boletín mensual de la Asociación de Proción Agraria, 57:5-7

Auger, J. 1989. Estimación de la efectividad de la dosis de anhídrido sulfuroso en el control de botrytis, bajo distintas condiciones de infección. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas, 28: 32-36.

Benavides, L. 2014. BPA en Cosecha y Postcosecha en Arándano de Exportación (diapositivas). Lima PE. s.e. 38 Diapositivas.

Camargo, L.; Da Silva, V.; Moreno Benedette, R.; De Souza, M.; Lopes, R.; Ruffo, S. 2008. Conservacao de uvas “Crimson seedless” e “Italia”, submetidas a diferentes tipos de embalagens e dióxido de enxofre (SO₂). Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, 30(1): 65 – 73.

Carhuana, F. 2014. Plagas en Arándanos dependen de la Zona de Instalación. Revista AgroNegociosPerú, 37: 13-14.

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. Revista Food Microbiology, 49: 189 – 196.

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

Daifallah, Al. 2010. Quality of “Taify” table grapes fumigated with carbon dioxide and sulfur dioxide. *Revista Met., Env. & Arid Land Agric. Sci.*, 21(1): 51 – 64.

Diario Gestión. 2016. Exportación de arándanos superaría los US\$ 200 millones por mayor área de producción. Disponible en: <http://gestion.pe/economia/exportacion-arandanos-superaria-us-200-millones-mayor-area-produccion-2152820>

Dijoua, T.; Charles, F.; Freire, M.; Filgueiras, H.; Ducamps-Collin M. y Sallanon, H. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *Revista International Journal of Food Science and technology*, 45: 849 – 855.

Domene, M. y Segura, M. 2014. Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Disponible en: <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transfereencia/005-calidad-interna-1410512030.pdf>

Doulati, H. 2013. Sulfite residue and postharvest decay and disorders control of grapevine (*Vitis vinifera*) cv. Bidaneh sefid. *World of Science Journal*, 1(5): 16 – 26.

Escurra, E. 2014. Manejo Agronómico en el Cultivo de Arándano en la Costa Central (diapositivas). Lima PE. s.e. 42 Diapositivas.

Fiallos, H. 2012. Inhibición de *Botrytis cinerea* en rosas a base de extractos alcohólicos y acuosos de hierba mora (*Solanum nigrum*). Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/1828>.

Figueroa, D.; Guerrero, J., Bensch, E. 2010. Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en postcosecha de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cvs. Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005 – 2006. Revista IDESIA, 28(1): 79 – 84.

Gabler, F.; Mercier, J.; Jiménez, J. y Smilanick, J. 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. Revista Postharvest Biology and Technology, 55: 78 – 84.

Godoy, A. 2004. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. Universidad Nacional de Mar de Plata. Buenos Aires, Argentina.

Gómez, J. 2014. Plagas, Enfermedades, Riesgos. Revista AgroNegociosPerú, 37: 12-13

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(1): 49-57.

Hancock, J. 2002. El cultivo del arándano, tecnologías y avances. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

Hancock, J.; Callow, P.; Sercxe, S.; Hanson, E.; Beaudry, R. 2008. Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. HortTechnology, 18: 199-205.

Harvey, J. y M. Uota. 1978. Table grapes and refrigeration: fumigation with Sulphur dioxide. *Internqacional Journal of Refrigeration* 1(3): 167-172.

Kim, T.; Silva, J.; Tokitka, A. y Matta, F. Modified atmosphere storage influences quality parameters and shelf life of “tifblue” Blueberries. *Journal of the Mississippi academy of Science*, 55.

Lizana, A. 1988. Análisis comparativo de generadores de SO₂ bajo diferentes condiciones y efecto de su emisión. En: Control de Botrytis con SO₂ en post cosecha en uva de mesa de exportación y residuos de pesticidas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Sanidad Vegetal. Santiago-Chile. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas*, 15: 17-54.

INIA, 2012. Efecto del estado de desarrollo de arándanos sobre las propiedades físico – químicas. Disponible en:
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429091012113202.pdf>

Magan, N. y Aldred, D. Postharvest control strategies: minimizing mycotoxines in the food chain. *International Journal of Food Microbiology*, 119: 131 – 139.

Mandigan, M. y Martinko, J.; y Parker, J. 2003. *Biología de los microorganismos*. 10^o Edición. Pearson Educación.

Mishra, V. y Gamage, T. 2007. Postharvest physiology of fruits and vegetables. *Handbook of Food Preservation*. Second edition.

Palou, L. 2007. Evaluación de Alternativas para el tratamiento anti fúngico en postcosecha de cítricos de producción integrada. *Revista de frutas, hortalizas, flores, plantas ornamentales y de viveros*, 200: 82-93.

Pelayo, C.; Castillo, D. 2002. Técnicas de Manejo Poscosecha 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. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Petri, E.; Arroqui, C., Angós, I. y Vírseda, P. 2008. Effect of preservative agents on the respiration rate of minimally processed potato (*Solanum tuberosum* cv. Monalisa). *Journal of Food Science*, 73(3): 122–126

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.). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Pomareda, C. 2015. Berries: Entre Oportunidades y Desafíos. *Revista Agroenfoque*, 197: 28-32

Portal Frutícola. 2015. Exportación de arándanos supera los USD 94 millones en 2015, triplicando cifra de 2014. Disponible en:
<http://www.portalfruticola.com/noticias/2016/01/19/peru-exportacion-de-arandanos-supera-los-usd-94-millones-en-2015-triplicando-cifra-de-2014/>

Rajak, D.; Sharma, P. y Sanjeev, K. 2014. Effect of total soluble solid during storage of litchi fruits under different temperaturas. *Advances in Applied Science Research*, 5(2): 117-121.

Revista SomosBeta. 2015. El poder del arándano. Disponible en: <http://www.beta.com.pe/blog/el-poder-del-arandano/>

Rodríguez, E. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y Hortalizas. *Ra Ximhai*, 7(1): 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. *Revista Scientia Agropecuaria*, 6(4): 259 – 270.

Rojas, L. 2005. Influencia de mallas sombreadoras (intensidad/color), sobre la fisiología de arándanos de arbusto alto. (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Berkeley. Universidad de Talca. Talca, Chile.

Rojas, N. 2014. Cualquier tierra puede ser adaptada para arándanos. *Revista AgroNegociosPerú* 37:6-7

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.

Tales, M. y Ribeiro, P. 2006. Estudio del comportamiento postcosecha de la ciruela reina claudia verde. Universidad de Extremadura. Badajoz, España.

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. Chile.

Zapata, L.; Heredia, A.; Malleret, A.; Quinteros, F.; Cives, H. y Carlazara, G. 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

Zazueta, G. 2007. Estudio de la calidad sanitaria de la cafetería de ITSON Campus Centro CD. Obregón. Instituto Tecnológico de Sonora. Obregón, México.

Zoffoli, J. 2002. Optimización del uso de anhídrido sulfuroso en la conservación de uva de mesa. *Revista SIMIENTE*, 72: 3 - 4

Zoffoli, J.; Latorre B. y Naranjo P. 2007. Hairline, a postharvest cracking disorder in table grapes induced by sulfur dioxide. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

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.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de pérdida de peso, recuento de mesófilos y contenido de sólidos solubles en bayas de arándanos sometidos a tratamiento con anhídrido sulfuroso

Repetición	Pérdida de peso (%)			
	Tiempo de tratamiento (días)			
	0	10	20	30
1	0.0	1.37	1.96	2.49
2	0.0	1.41	1.95	2.53
3	0.0	1.39	1.99	2.51
4	0.0	1.39	1.96	2.51

Repetición	Recuento de mesófilos (ufc/g)			
	Tiempo de tratamiento (días)			
	0	10	20	30
1	22083	7833	3558	1867
2	21417	7667	2800	2080
3	21333	8417	3083	1600
4	23167	7500	4050	1258

Repetición	Contenido de sólidos solubles (°Brix)			
	Tiempo de tratamiento (días)			
	0	10	20	30
1	11.90	11.95	12.08	12.62
2	11.87	11.98	12.00	12.52
3	11.88	11.95	12.03	12.55
4	11.82	11.95	12.08	12.60

Anexo 2. Proceso de obtención de arándano almacenado con anhídrido sulfuroso.

Recepción de Materia Prima



Clasificación



Calibración



Empaque



Tratamiento con SO₂



Almacenamiento



Arándano con SO₂

