



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL  
ARÁNDANO (*Vaccinium Corymbosum*) FRESCO  
VARIEDAD AZÚL, ALMACENADO EN  
ATMÓSFERA MODIFICADA”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR

Autora:

**Bach. Santa Cruz Mego, Lis Andrea**

Asesor:

**Ms. Símpalo López Walter Bernardo**

Linea de Investigación

**Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos**

Pimentel, 08 de noviembre del 2018

“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL ARÁNDANO (*Vaccinium  
Corymbosum*) FRESCO VARIEDAD AZÚL, ALMACENADO EN ATMÓSFERA  
MODIFICADA”

---

Ing. Walter Símpalo López  
**Asesor metodólogo**

Jurado:

---

Mg. Aurora Vigo Edward Florencio  
**Presidente del jurado de tesis**

---

Ms. Williams Castillo Martínez  
**Secretario del jurado de tesis**

---

Ing. Walter Símpalo López  
**Vocal del jurado de tesis**

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| Resumen   | 1         |
| Abstract  | 2         |
| Introducción  | 3         |
| <b>CAPITULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>                                 | <b>5</b>  |
| 1.1. Situación problemática   | 5         |
| 1.2. Formulación del problema   | 6         |
| 1.3. Delimitación de la Investigación                                       | 6         |
| 1.4. Justificación e importancia de la investigación                        | 6         |
| 1.5. Limitaciones de la Investigación                                       | 7         |
| 1.6. Objetivos de la Investigación  | 7         |
| <b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1. Antecedentes de estudios   | 9         |
| 2.2. Estado del Arte  | 12        |
| 2.3. Bases teórica científicas  | 14        |
| 2.4. Definición de términos básicos   | 22        |
| <b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>                                     | <b>26</b> |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación                                      | 26        |
| 3.2. Población y muestra  | 26        |
| 3.3. Hipótesis  | 27        |
| 3.4. Variables  | 27        |
| 3.5. Operacionalización   | 28        |
| 3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos | 28        |
| 3.7. Análisis estadístico e interpretación de datos                         | 36        |
| 3.8. Principios éticos  | 36        |
| 3.9. Criterios de Rigor Científico  | 37        |
| <b>CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>             | <b>41</b> |
| 4.1. Resultados en tablas y gráficos  | 41        |
| 4.2. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano                     | 50        |
| 4.3. DISCUSIÓN  | 66        |

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 68 |
| 5.1 Conclusiones                           | 68 |
| 6.2 Recomendaciones                        | 70 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                 | 71 |
| Anexos                                     | 73 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1. <i>Taxonomía del Arándano</i>   | 15 |
| Tabla 2.2. <i>Variedades comerciales de arándanos</i>  | 17 |
| Tabla 2.3. <i>Composición nutricional del arándano</i>   | 20 |
| Tabla 2.4. <i>Operacionalización de las variables</i>  | 28 |
| Tabla 2.5. <i>Modelo Estructural de Triangulación de métodos y técnicas</i>  | 34 |
| Tabla 2.6. <i>Elaboración de variables según paquete estadístico Diseño-Expert, software de la versión 7 (DX7)</i> | 36 |
| Tabla 4.1. <i>Elaboración de la tabla de resultados aplicando la matriz operacional.</i>                           | 41 |
| Tabla 4.2. <i>Análisis de varianza ANOVA para el contenido de Vitamina C</i>                                       | 41 |
| Tabla 4.3. <i>Resumen de los coeficientes estadísticos, para contenido de Vitamina C</i>                           | 42 |
| Tabla 4.4. <i>Análisis de varianza ANOVA para el atributo Sabor</i>  | 43 |
| Tabla 4.5. <i>Resumen de los coeficientes estadísticos, para contenido de Vitamina C</i>                           | 43 |
| Tabla 4.6. <i>Análisis de varianza ANOVA para el atributo Sabor</i>  | 44 |
| Tabla 4.7. <i>Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Sabor</i>                                 | 45 |
| Tabla 4.8. <i>Análisis de varianza ANOVA para el atributo Color</i>  | 45 |
| Tabla 4.9. <i>Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Color</i>                                 | 46 |
| Tabla 4.10. <i>Análisis de varianza ANOVA para el atributo Olor</i>  | 46 |

## ÍNDICE DE FIGURAS.

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1. <i>Frutos de Arándano "Blueberry" (Vaccinium corymbosum L.)</i>   | 16 |
| Figura 3.1. <i>Diagrama de flujo para el procesamiento del arándano fresco.</i>   | 35 |
| Figura 3.2. <i>Envasado del arándano en atmósfera modificada</i>  | 39 |
| Figura 3.3. <i>Almacenamiento del arándano en atmósfera modificada</i>  | 39 |
| Figura 3.4. <i>Envasado del arándano en atmósfera modificada adición del CO<sub>2</sub></i>                               | 40 |
| Figura 3.5. <i>Envasado del arándano en atmósfera modificada adición del CO<sub>2</sub></i>                               | 40 |
| Figura 5.1. <i>Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Vitamina C</i>            | 53 |
| Figura 5.2. <i>Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Sabor</i>                 | 56 |
| Figura 5.3. <i>Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Color</i>                 | 58 |
| Figura 5.4. <i>Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Olor</i>                  | 60 |
| Figura 5.5. <i>Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Textura</i>               | 62 |
| Figura 5.6. <i>Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil de del arándano fresco en el atributo Apariencia General</i> | 65 |

EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL ARANDANO (*Vaccinium  
Corymbosum*) FRESCO VARIEDAD AZÚL, ALMACENADO EN ATMÓSFERA  
MODIFICADA

**Resumen**

Uno de los problemas que vemos a diario es como poder alargar la vida útil de las frutas frescas usando métodos de conservación más económicos y amigables al medio ambiente. El objetivo de la presente investigación es evaluar del tiempo de vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado en atmósfera modificada, para ello se usó métodos físicos de conservación como es la temperatura y la concentración de CO<sub>2</sub> de una atmosfera modificada, midiendo la conservación en función de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. En el almacenamiento las muestras que presentaron mayor conservación de la Vitamina C, fueron los arándanos almacenados a 5 °C, con 17 días de almacenamiento, en empaque de alta densidad y atmosfera modificada con CO<sub>2</sub>. Por otro lado aquellas muestras que presentaron un mejor Color y Olor, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 17 días, en atmosfera modificada activa con CO<sub>2</sub>. En las muestras que presentaron un Sabor más agradable, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 16 días, en atmosfera modificada activa con CO<sub>2</sub>. En la evaluación de textura, las muestras que tuvieron un mejor puntaje, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 18 días. En la evaluación de la Apariencia general, las muestras que tuvieron un mejor puntaje, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 17 días.

**Palabras clave:** Atmósfera modificada, empaque, temperatura de refrigeración.

ASSESSMENT OF THE TIME OF USEFUL LIFE OF THE ARANDAN (*Vaccinium  
Corymbosum*) FRESCO VARIETY SUGAR, STORED IN THE MODIFIED  
ATMOSPHERE

**Abstract**

One of the problems that we see in a newspaper is like alarming the useful life of the fruits using methods of conservation more economic and friendly in the environment. The objective of the present investigation is to evaluate the useful life of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fresh blue variety, stored in the modified atmosphere, for this conservation methods are used as the temperature and the CO<sub>2</sub> concentration of a modified atmosphere, Measuring the conservation in the function of the physical-chemical and sensory properties. In the storage the samples are published at 5 °C, with 17 days of storage, in the high density packaging and atmosphere modified with CO<sub>2</sub>. On the other hand, the samples that show a better color and color, which are stored at 5 °C, in a high density packaging and for 17 days, in the modified atmosphere active with CO<sub>2</sub>. In the samples that show a more pleasant taste, they are stored at 5 °C, in a high density packing and for 16 days, in the modified atmosphere activated with CO<sub>2</sub>. In the evaluation of the texture, the samples that had a better score, those that were stored at 5 °C, in a high density packing and for 18 days. In the evaluation of the general Appearance, the samples that had a better score, those that were stored at 5 °C, in a high density packing and for 17 days.

**Keywords:** Modified Atmosphere Packaging, refrigeration temperature.

## I. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación trata de la evaluación del tiempo de vida útil del arándano (*vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado en atmósfera modificada. El arándano o blueberry se consume tradicionalmente en Norteamérica (EE.UU. y Canadá), y en algunos países europeos. La tendencia de consumo es creciente, por la incorporación progresiva del concepto de la alimentación sana y natural. La mayor parte de la producción mundial de arándanos se obtiene en el hemisferio norte, desde mayo hasta noviembre, aproximadamente el 98 % del total producido. Por lo tanto el mercado consumidor de arándano fresco, queda desabastecido desde noviembre a mayo (Vranic, M., et al 2012).

Según la gerencia de Agroexportaciones de la Asociación de Exportadores (ADEX), en el 2017 se exportó más de US\$ 123 millones, equivalente a un crecimiento del 30.7%, con respecto al mismo periodo; pero sin embargo, debido a que existe poca infraestructura de almacenamiento y procesamiento en fechas pico de cosecha; los arándanos que no pueden ser exportados son comercializados en el mercado interno, aproximadamente 1.5 TM/ha, para el consumo fresco, la elaboración de jaleas o mermeladas, en yogurts, frutos deshidratados, comercializados en supermercados, mercados y puestos callejeros improvisados para ser vendidos en los mismos envases primarios en los que son preparados para la exportación.

Existen normas estrictas para su presentación comercial en estado fresco, provistas por el comprador, en general, consiste en disponer la fruta fraccionada en cubetas de PET reciclables tipo "clamshells" de 150 gr., agrupadas de a 12 o 6, en bandejas de cartón corrugado. Finalmente estas bandejas se contienen de a 40 en masters (cajas) de poliestireno expandido con capa de aluminio. Al no mantenerse la cadena de frío, eliminarse el uso del envase secundario y terciario, las frutas quedan expuestas a condiciones propensas para el desarrollo de hongos y deshidratación. La Food and Drug Administración (FDA) de los Estados Unidos, resume el valor nutricional del arándano diciendo que es bajo en sodio, libre de grasas y colesterol, rico en fibras, refrescante, tónico, astringente, diurético y con vitamina C.; además de ácido hipúrico, lo que

determina que sea una fruta con muchas características deseables desde el punto de vista nutricional. Son innumerables los estudios que se han realizado con respecto a los beneficios del consumo de estos frutos, se ha demostrado que el pigmento que le confiere el color azul al fruto (la antocianina), interviene en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas, Alzheimer, aumentan el HDL colesterol popularmente conocido como 'colesterol bueno' lo que estaría asociado a una disminución en la probabilidad de sufrir afecciones cardíacas. El ácido hipúrico alivia síntomas de infecciones urinarias, renales y vesicales y disminuye la necesidad de recibir antibióticos, dadas las propiedades antiadherentes con respecto a ciertas bacterias como la *Escherichia coli* que el ácido hipúrico le confiere. Otros estudios sugieren que el consumo de arándanos sería beneficioso para: infecciones de oído y respiratorias, afecciones estomacales y enfermedades de encía y articulaciones. El objetivo de la presente investigación es evaluar del tiempo de vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado en atmósfera modificada. Así como también la Caracterizar el arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul. Evaluar la pérdida de Vitamina C del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada. Realizar un análisis sensorial de color, olor, sabor, textura y apariencia general del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada. Evaluar la vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada.

### **1.1. Situación problemática**

Cordano en 2016, como gerente general de Sierra exportadora, manifestó que el crecimiento de la producción de arándanos ha sido constante, pese a muchas necesidades de los productores, pues por la demanda mundial se puede avizorar una proyección en las exportaciones de más de US\$ 200 millones. "Existe una gran demanda insatisfecha de berries en el mundo, por ese motivo exhorto a los productores a seguir apostando por estos cultivos (fresa, frambuesa, arándanos, aguaymanto y cerezas) y responder a la demanda, no solo de volumen, sino también de calidad. De esa forma no solo diversificaremos nuestra canasta de productos, sino también los mercados", indicó Cordano (2016).

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 (Zoffoli et al., 2013), susceptible a la descomposición rápida por lo que tiene una corta vida de mercado (Hancock et al., 2008), existiendo diferencias entre cultivares en su capacidad o vida de almacenaje (Eccher et al., 2010). Los frutos están expuestos a múltiples pérdidas de postcosecha debido a la manipulación, almacenamiento y distribución (Ansari y Tuteja, 2015), siendo la descomposición por hongos la principal causa de éstas pérdidas (Duarte et al., 2009), entre los agentes causales destacan *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer* que provocan síntomas de pudrición de frutos (Latorre, 1999; France, 2012; Rivera et al., 2013).

Por otro lado, debido a que existe poca infraestructura de almacenamiento y procesamiento en fechas pico de cosecha; los arándanos que no pueden ser exportados son comercializados en el mercado interno, para la elaboración de jaleas o mermeladas, yogurts, frutos deshidratados, comercializados en verdulerías de barrios o puestos callejeros improvisados para ser vendidos en estado fresco en los mismos envases primarios en los que son preparados para la exportación. (Vranic, M. et al. 2012)

La modificación de la atmósfera interior del envase se produce por la interacción natural entre dos procesos, la respiración del producto y la transferencia de gases a través del envase que conduce a un ambiente rico en CO<sub>2</sub> y pobre en O<sub>2</sub> (Fonseca et al., 2002), el uso de esta tecnología requiere del conocimiento del producto (Kader y Watkins, 2000), de la tasa de respiración y de las concentraciones de gas óptimas (Song et al., 2002); del tipo de bolsa, su espesor y permeabilidad (Song et al., 1992); del manejo de la temperatura y humedad de almacenamiento (Rosenfeld et al., 1999), para mantener el sabor y la calidad nutricional de los frutos (Kader, 2010).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál será el tiempo de vida útil del arándano (*vaccinium corymbosum*) variedad azul almacenada en bajo atmosfera modificada?

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Evaluar del tiempo de vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado en atmósfera modificada.

#### **Objetivos Específicos**

Caracterizar el arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul.

Evaluar la pérdida de Vitamina C del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada.

Realizar un análisis sensorial de color, olor, sabor, textura y apariencia general del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada.

Evaluar la vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada.

### **1.4. Justificación e importancia**

El mercado de frutas y hortalizas está creciendo sostenidamente desde la década de los 90, marcado por una continua innovación en los productos y por la mejora de los canales de distribución. Se inició con una pequeña gama de productos dirigida mayoritariamente a los servicios de alimentación, particularmente a la expedición de comida rápida, convirtiéndose en una gran industria con una amplia variedad de productos frescos, los cuales actualmente se comercializan en el sector institucional (hostelería y restauración) y especialmente para su venta directa en supermercados y grandes

superficies. (Montero M. et al., 2009). No obstante estos productos frescos son de corto periodo de vida y por ende la necesidad de alargar el tiempo de vida de estos productos frescos en los exhibidores de los supermercados, es la preocupación de los comerciantes de este rubro.

En la actualidad, el consumidor es más consciente de la importancia de una buena alimentación, y busca nuevas alternativas en comidas saludables, pero de calidad, según se ve reflejado en la gran cantidad de nuevos productos. Su estilo de vida también ha cambiado, y cada vez cuenta con menos tiempo para preparar y comer los alimentos, por lo que busca productos alternativos nutritivos, sabrosos, variados, fáciles de preparar y muy bien conservados (Montero M. et al., 2009). Por esta razón la importancia de esta investigación que se fundamenta en buscar nuevas alternativas y parámetros de conservación de frutos frescos, como son los arándanos, y más aún cuando queremos atender a clientes muy exigentes, que requieren productos frescos de calidad, en mercados nacionales e internacionales.

### **1.5. Antecedentes**

En la Escuela de Agronomía de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Católica de Temuco y la Sociedad Huertos Collipulli S.A. se realizó la investigación titulada “Evaluación de bolsa atmósfera modificada y concentraciones de anhídrido sulfuroso aplicadas sobre frutos de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald”, desarrollada por Rodríguez, M. (2015) en la que refiere en su resumen: Con el objetivo de evaluar las técnicas de atmósfera modificada y aplicación de anhídrido sulfuroso sobre parámetros de calidad de postcosecha en frutos de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald, se realizó un experimento de seis tratamientos, dados por la combinación de dos factores, atmósfera modificada (con y sin), y diferentes concentraciones de anhídrido sulfuroso (generadas por 0, 1 y 2 g de metabisulfito de sodio) durante 7, 14, 21 y 28 días a 0 °C. Con la dosis de 2 g de metabisulfito de sodio en atmósfera modificada no se presentaron pudriciones, a diferencia del tratamiento testigo que presentó un 4,86% luego de 28 días de almacenaje. Los resultados indican que la incidencia de pudrición gris disminuyó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) con anhídrido sulfuroso en bolsa atmósfera modificada, existiendo un efecto de interacción entre ambos factores, no obstante, el gas causó daños de blanqueamiento de frutos, el que correspondió

a un 11,66% con una dosis de 2 g de metabisulfito de sodio, luego de 28 días de almacenaje. El uso de bolsa de atmósfera modificada redujo significativamente ( $p \leq 0,05$ ) la pérdida de peso por deshidratación (en promedio un 4%) respecto a los tratamientos donde esta tecnología no fue utilizada. La concentración de sólidos solubles no fue influenciada por los tratamientos, manteniéndose entre 13 y 14%.

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, se realizó la investigación que tuvo como título “Efecto del dióxido de azufre y el envasado en atmósfera modificada del arándano, sobre Calidad postcosecha”, realizada por Rodríguez J. y Zoffoli J. (2015), en donde resumen lo siguiente:

El dióxido de azufre y las atmósferas modificadas se evaluaron para encontrar el método óptimo para controlar la descomposición y prolongar la calidad de los arándanos después de la cosecha. Para determinar el sistemas de envasado en atmósfera modificada (MAP) más adecuado para el arándano (*Vaccinium corymbosum*, 'Brigitta'), las frutas se almacenaron en atmósferas controladas ( $\text{CO}_2 / \text{O}_2$  en presiones parciales en kPa: 5/1; 7/15, 15/5) y una atmósfera modificada variando la cantidad de fruta en dos Sistemas de envasado en atmósfera modificada (MAP). Los sistemas MAP emplearon bolsas con 60 mm de polietileno de baja densidad donde la fruta estaba herméticamente sellada en la bolsa: (1) sin perforación (MAP 0); o (2) con dos perforaciones de  $3 \text{ mm}^2$  (MAP 2).

Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos.

Zapata, Luz; Heredia, Ana; Malleret, Antonio; Quinteros, Fabio; Cives, Hugo; Carlazara, Gonzalo.

Los arándanos son frutos muy perecederos y la permanencia de estos en la planta es un factor determinante en la calidad postcosecha. Los principales destinos de comercialización son EE.UU. y Europa. El tiempo transcurrido entre la cosecha y la colocación en góndola es de 7 y 28--30 días para transporte aéreo y marítimo, respectivamente. La principal causa de rechazo en los destinos de comercialización es la presencia de frutos putrefactos. El objetivo del estudio fue evaluar parámetros de calidad en arándanos, a distintos tiempos de permanencia en la planta, que ayuden a definir la frecuencia de recolección de las bayas, asegurando la ausencia de pudriciones en los

destinos de comercialización. Se trabajó con las variedades Emerald, Jewel, Misty, O'Neal y Snowchaser (Argentina). De cada variedad se tomaron quince muestras a distintos tiempos de permanencia de los frutos maduros en la planta (2, 4, 6, 8 y 10 días) y se analizaron sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), relación SST/AT, peso de 100 frutos, diámetro ecuatorial e incidencia de pudriciones luego de la recolección (para ver el comportamiento en transporte aéreo); esta última también se determinó a la salida de frío de los frutos almacenados durante días a 0 °C y 90% HR (para observar el comportamiento en transporte marítimo). El parámetro que tuvo mayor correlación significativa con la permanencia de las bayas en la planta fue La incidencia de pudriciones. Considerando transporte aéreo, las bayas de Emerald no presentarían mayores problemas si la frecuencia de cosecha fuera hasta 10 días; Misty y Snowchaser, 8 días; Jewel, 6 días y O'Neal, 4 días. Si el transporte fuera marítimo, la frecuencia de recolección, para disminuir las probabilidades de aparición de patógenos en destino, sería de 6 días para Misty y de 2 días las demás variedades.

## **1.6. Marco Teórico**

### **1.6.1. Estado del Arte**

Los arándanos se cultivan ampliamente en todo el mundo debido a la alta demanda promovida por sus propiedades de salud (Faria et al., 2005). La producción de arándanos en Chile se expandió dentro del país (Bañados, 2006; Retamales et al., 2014) y se abrieron nuevos mercados como China y Corea recientemente, luego de que se establecieron los protocolos fitosanitarios en 2011 y 2012, respectivamente (Prochile, 2011). Los EE. UU. Y Europa son los principales mercados de destino, que representan el 67% y el 23%, respectivamente, del total de arándanos exportados de Chile durante 2014-2015.

Por lo tanto, para aumentar las oportunidades comerciales para esta industria, se necesita una vida de poscosecha de entre 20 y 45 días para los arándanos. El deterioro poscosecha que perjudica el valor de mercado de los arándanos incluye el deterioro, la deshidratación y el ablandamiento (Ceponis et al., 1973; Beaudry et al., 1998). La pérdida de humedad modifica las propiedades de textura del tejido del arándano y se correlaciona negativamente con la firmeza de la fruta (Paniagua et al., 2013). La pérdida de

peso se produce cuando la pérdida de peso acumulada supera el 5–9% del peso inicial (Sanford et al., 1991; Miller y McDonald, 1993; Schotsmans et al., 2007; Paniagua et al., 2013).

Moho gris causado por *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. (Tel. *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel) es la principal enfermedad poscosecha que afecta a la fruta de arándano durante el almacenamiento y transporte a 0 °C (Cappellini y otros, 1972; Ceponis y otros, 1973). *B. cinerea* causa el tizón de la flor y la ramita y la decadencia suave en la fruta madura en el momento de la cosecha, y durante el almacenamiento, puede sobrevivir en los arándanos y otros hospedadores como micelio y / o esclerocios en los residuos vegetales (Bristow y Milholland, 1995). Deben evitarse las frutas demasiado maduras en la cosecha, y debe considerarse una aplicación de fungicida cuando las condiciones climáticas son húmedas (Rivera et al., 2013). También se han detectado otras enfermedades como la podredumbre de la alternaria (*Alternaria spp.*) y la antracnosis (*Colletotrichum spp.*), particularmente cuando las temperaturas de almacenamiento superan los 2 ° C (Cappellini et al., 1972; Cappellini y Ceponis, 1977).

Varias estrategias de control de enfermedades son necesarias simultáneamente para evitar pérdidas severas después de la cosecha. Entre estas estrategias, se propuso recientemente una aplicación de fungicida al final del período de maduración antes de la cosecha junto con los tratamientos con SO<sub>2</sub> aplicados inmediatamente después de la cosecha, ya sea en frutas envasadas solas o en combinación con una atmósfera enriquecida con CO<sub>2</sub> (Cantín et al., 2012; Rivera et al., 2013). Otros tratamientos como la aplicación de inmersión con fungicida o agua caliente tienen limitaciones que incluyen la falta de fungicidas registrados para uso posterior a la cosecha, daños a la apariencia de la fruta y dificultades para secar las bayas después del tratamiento (Ceponis y Cappellini, 1979; Fan et al. , 2008). El almacenamiento de la fruta en una atmósfera enriquecida con una presión parcial de CO<sub>2</sub> que fue mayor que 6 kPa retrasó los síntomas de descomposición en la fruta de arándano (Ceponis y Cappellini, 1983; Smittle y Miller 1988; Forney et al., 2003; Harb y Streif, 2004; Schotsmans et al., 2007). Sin embargo, dependiendo del cultivar y el tiempo de almacenamiento, el ablandamiento de la fruta y el dorado de la pulpa aparecieron a presiones parciales de CO<sub>2</sub> superiores a 12 kPa (Forney et al., 2003; Harb y Streif, 2004; Alsmairat et al., 2011). Una recomendación comercial para el almacenamiento en atmósfera controlada (CA) indicó que las presiones

parciales de 10 kPa CO<sub>2</sub> y 3 kPa O<sub>2</sub> fueron óptimas para prolongar la calidad de la fruta de arándano, pero advirtió que estos valores no eran específicos para una región o huerto en particular. Sin embargo, los beneficios de la AC para prolongar la calidad del arándano después de la cosecha son modestos en comparación con la necesidad de controlar los patógenos poscosecha. Los beneficios de CA son mínimos porque los arándanos están maduros en la cosecha, con la mayoría de los componentes de la pared celular desmontados (Vicente et al., 2007), y la supresión de la producción de etileno tiene un valor mínimo porque tiene poca influencia en el deterioro poscosecha de estas frutas (DeLong et al., 2003).

El envasado en atmósfera modificada (MAP) es una tecnología efectiva para obtener beneficios similares a los de CA; sin embargo, el desarrollo comercial de MAP implica la retención de altas concentraciones de oxígeno para evitar problemas de fermentación asociados. Estos se producen como resultado de la falta de oxígeno producido por el aumento de la respiración en las fluctuaciones de temperatura normales que a menudo se producen en la gestión comercial del transporte y comercialización de la fruta. MAP no solo influye en las concentraciones internas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> dentro de los paquetes, sino que también aumenta la humedad relativa que rodea la fruta. La humedad relativa alta retarda el encogimiento, pero pequeñas fluctuaciones de temperatura pueden causar condensación que promueve la descomposición. Las cualidades de los arándanos empacados en MAP se han examinado, pero los resultados de estos estudios no representan las condiciones comerciales actuales. En un caso, las películas utilizadas nunca alcanzaron un estado estable de O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub> (Rosenfeld et al., 1999). En otro caso, la película seleccionada tenía una permeancia muy baja, por lo que se produjo un rápido agotamiento del O<sub>2</sub> acompañado de la fermentación (Day et al., 1990). Es probable que una bolsa de polietileno convencional produzca atmósferas húmedas similares, y el problema crítico de la supresión de patógenos fúngicos permanecerá sin resolver. Los objetivos de esta investigación fueron: (1) determinar las presiones parciales de CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> apropiadas y cómo lograrlas mediante el envasado en atmósfera modificada para mejorar la calidad postcosecha de la fruta de arándanos "Brigitta"; (2) verifique la respuesta de varios cultivares de arándanos al MAP seleccionado; y (3) evaluar el efecto combinado del empaque en MAP o en la bolsa de polietileno y el tratamiento con SO<sub>2</sub> en la fruta de arándano "Legacy".

Los arándanos (*Vaccinium* spp.) Son conocidos por sus altas concentraciones de compuestos bioactivos, como las antocianinas y los ácidos fenólicos (MäättäRiihinen, Kamal-Eldin, Mattila, Gonzalez-Paramas, y Törrönen, 2004; Cocetta et al., 2015), que pueden ayuda para prevenir la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares (Norberto et al., 2013), el cáncer y otras enfermedades crónicas (Stoner, Wang y Casto, 2008). Debido a su sabor único, sabor delicado, alto valor nutricional y diversos efectos beneficiosos para la salud humana, los arándanos frescos se han convertido en una de las frutas más consumidas y en un nuevo alimento funcional popular en todo el mundo (Bornsek et al., 2012; Kong et al. ., 2014). Sin embargo, los arándanos frescos también son altamente perecederos, con una vida útil corta como resultado del calor de campo, el daño mecánico, la respiración poscosecha, la descomposición microbiana y la pérdida de humedad y nutrición (Hancock, Callow, Serce, Hanson y Beaudry, 2008; Zhou et al., 2014). El ablandamiento es un factor importante de deterioro de la calidad después de la cosecha en la fruta de arándanos (Angelerrrib, Castagnassob y Micelib, 2010). El ablandamiento de la fruta se debe a la degradación de la pared celular por las actividades de la enzima de hidrólisis asociada a la pared celular (Wang, Gao, Tao, Wu y Cui, 2017). Las enzimas involucradas en los procesos de degradación de la pared celular incluyen principalmente poligalacturonasa (PG), pectato liasas (PL), pectina metil esterasa (PE), celulasa (Cx),  $\beta$ -galactosidasa ( $\beta$ -Gal) y expansina (Brummell, Harpster, & Civello). , 2001; Villarreal, Rosli, Martínez, & Civello, 2008).

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudios

Desde hace algunos años empresas, del sector frutícola, especialmente del segmento frutas finas, evidenciaron la necesidad de no solo comercializar la producción en fresco, si no agregarle un valor adicional mediante la utilización de distintas técnicas de procesado y desarrollar productos que sean destinados al consumo interno. La aplicación del procesamiento mínimo puede constituir una salida económica para el consumo interno de arándanos, no solo mantiene las características nutricionales sino que le da un valor agregado. (Maria L. y Vranic, 2012)

Existen normas estrictas para la presentación comercial del arandano en estado fresco, provistas por el comprador, en general, consiste en disponer la fruta fraccionada en cubetas de PET reciclables tipo "clamshells" de 150 gr., agrupadas de a 12 o 6, en bandejas de cartón corrugado. Finalmente estas bandejas se contienen de a 40 en masters (cajas) de poliestireno expandido con capa de aluminio. La Food and Drug Administración (FDA) de los Estados Unidos, resume el valor nutricional del arándano diciendo que es bajo en sodio, libre de grasas y colesterol, rico en fibras, refrescante, tónico, astringente, diurético y con vitamina C.; además de ácido hipúrico, lo que determina que sea una fruta con muchas características deseables desde el punto de vista nutricional. (Maria L. y Vranic, 2012).

En el marco del Proyecto de la AETA 281711 (Argentina) se aplicó la tecnología de procesamiento mínimo a arándanos "Revielle" provenientes de un establecimiento productor de la zona de General Rodríguez. Los frutos se cosecharon manualmente y se seleccionaron los de primera calidad de acuerdo al protocolo de calidad para arándanos frescos (Resolución SAGPyA N° 201/2007). Todos los frutos fueron recolectados el día anterior, enfriados a 4 °C en cámara frigorífica y posteriormente envasados en bandejas cuadradas de PET (base 8 cm de lado) con 3 perforaciones por lado en la base y 4 perforaciones por lado en la tapa superior. Se trasladaron a la planta piloto del Instituto de Tecnología de Alimentos donde se trabajó a una temperatura ambiente de 14 °C; las muestras fueron aleatoriamente divididas en dos grupos de 21 bandejas cada uno. Los tratamientos fueron los siguientes: Arándanos de exportación: se conservaron, en las condiciones comerciales; sin lavar, en las cajas, anteriormente descriptas; Arándanos

Mínimamente Procesados: Las muestras mínimamente procesadas fueron sometidas a un lavado por inmersión en una solución de agua destilada con 100 ppm de cloro durante 2 minutos; luego se realizaron dos lavados con agua destilada para reducir la concentración de cloro residual. Cada una de las bandejas fue procesada separadamente con un volumen de solución de lavado de 500 ml, para cada uno de los tres lavados. Luego se escurrieron sobre una rejilla, se apoyaron sobre papel absorbente y se colocaron en una corriente de aire frío (14 °C) durante 5 min. Se envasaron en bandejas de PET redondas de 8,5 cm de diámetro en la base. Todas las muestras se colocaron aleatoriamente en una heladera de exposición vertical a 0 °C. Se evaluó el contenido de frutos por envase, el diámetro ecuatorial y los porcentajes de crecimiento fúngico (se consideran frutos positivos aquellos que tienen la presencia visual de filamentos fúngicos), de frutos deshidratados y de frutos dañados; pérdida de peso durante el almacenamiento, humedad, sólidos solubles, firmeza, capacidad antioxidante, acidez, pH, recuento microbiano y actividad de agua. Las muestras fueron analizadas inicialmente y cada 7 días durante 42 días. En general, los arándanos mínimamente procesados presentaron mejor calidad visual y conservación de las características físicas y químicas. No se encontraron diferencias significativas en la capacidad antioxidante. Resultó muy significativa la pérdida de peso en los arándanos de exportación desde 1.61% a los 7 días hasta 12.90% a los 42 días; superando el 5% de pérdida de peso entre los días 21 y 28. (Maria L. y Vranic, 2012).

Desde hace algunos años empresas, del sector frutícola, especialmente del segmento frutas finas, evidenciaron la necesidad de no quedarse solo con la comercialización en fresco de su producción; si no agregarle un valor adicional mediante la utilización de distintas técnicas de procesado y desarrollar productos que sean destinados al consumo interno. La aplicación del procesamiento mínimo puede constituir una salida económica para el consumo interno de arándanos, no solo mantiene las características nutricionales sino que le da un valor agregado. “El producto esta listo para su consumo”. Debería comercializarse en las condiciones de frío adecuadas; podría ofrecerse no solo en verdulerías sino también en grandes cadenas de supermercados. Este producto puede resultar muy atractivo para el consumo de los niños en los quioscos saludables o en cualquier momento del día. (Maria L. Vranic, 2012).

## **2.2. Bases Teórico Científicas**

### **2.2.1. Generalidades del fruto**

El arándano o “blueberry” 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 los 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 agrídulce muy característico (ADEX, 2015).

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).

Existen distintas especies de arándanos. La mayor extensión cubierta por este frutal corresponde al arándano de arbusto bajo, que crece de forma silvestre en regiones de Norteamérica, de donde es originario, ocupando zonas frías y con suelos ácidos. En el Tabla 2.1. se describe la clasificación taxonómica del arándano (Castillo, 2008).

**Tabla 2.1.**

*Clasificación Taxonómica del Arándano*

| <i>Clasificación Taxonómica</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| Reino                           | Vegetal     |
| Orden                           | Ericales    |
| Familia                         | Ericáceas   |
| subgénero                       | Cyanococcus |
| Género                          | Vaccinium   |
| Especies                        | 5 grupos    |

Fuente: *Castillo (2008)*

Desde un punto de vista botánico, podemos decir que este arbusto se caracteriza por:

Tener un sistema radicular de aspecto fibroso y superficial. En condiciones naturales, sus raíces están asociadas con hongos micorrizas específicos, con los cuales mantiene una relación de mutuo beneficio (simbiótica). Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, que tiene la capacidad de emitir brotes. La altura alcanzada por esta planta oscila entre los 0.5 hasta los 2.5 m, dependiendo de la variedad (Lowbush o Highbush). El arándano ojo de conejo alcanzaría valores más altos, pero se controla mediante podas (Castillo, 2008).

Las hojas son simples, de forma ovalada a lanceolada y caducas, adquiriendo una tonalidad rojiza en el otoño. A diferencia de otros frutales, las yemas vegetativas y las fructíferas se encuentran claramente separadas (Castillo, 2008).

## Arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.)



**Figura 2.1**

*Frutos de Arándano "Blueberry" (Vaccinium corymbosum L.) variedad azul.*

Fuente: Castillo, 2008

Las flores poseen una corola blanca o rosada, y se reúnen en racimos (Castillo, 2008). Su fruto es una baya casi esférica, puede variar en tamaño de 0.7 a 1.5 cm de diámetro dependiendo de la especie. La epidermis del fruto está cubierta por secreciones cerosas. El fruto del arándano es de color azul, de ahí la denominación de "blueberry", en inglés (Castillo, 2008).

También es conocido como "myrtille" en francés, "mirtillo" en italiano y "heidelbeere" en alemán (Castillo, 2008).

### **2.2.2. Variedades**

El género *Vaccinium* está compuesto por más de 30 especies, pero solo un pequeño grupo tiene importancia comercial. Algunas especies que pertenecen a este grupo son "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

con respecto 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. Todos los arándanos pueden ubicarse en las categorías descritas en el Tabla 2 (Castillo, 2008).

**Tabla 2.2.**

*Variedades comerciales de Arandanos*

| Especies                            | Categorías                |             | Requerimiento Frío              |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------------|
|                                     | Nombre Común              |             |                                 |
| V. Corymbosum L.                    | Arándanos Altos del Norte | (Highbush)  | 800-1000 H.F.                   |
| V. Corymbosum L. y V. darrowi       | Arándanos Altos del Sur   |             | 200-400 H.F. (a veces 600 H.F.) |
| V. angustifolium y V. myrtilloides  | Arándanos Bajos           |             | Requerimiento menos en H.F.     |
| V. vigratum y Vashei Reade          | Arándanos Ojo de Conejo   | (Rabbiteye) | 400-800 H.F.                    |
| V. Corymbosum L. y V. Angustifolium | Arándanos Medios-Altos    |             | Requerimiento menores de frío   |

*Fuente:* Castillo (2008).

El “arándano alto” fue la primera especie que se introdujo al cultivo, y ha sido sometida a sucesivos procesos de selección por lo cual existen, actualmente, más de 50 variedades mejoradas, generadas principalmente en Estados Unidos (Pino, 2007). Dentro de especie de “arándano alto” existen variedades con diferentes requerimiento de temperaturas: Northern highbush (temperaturas bajas) y Southern highbush (temperaturas altas) (Jara, 2012).

Arándano alto (Northern highbush blueberry): es la especie que produce la fruta de mejor calidad en cuanto a tamaño y sabor, debido a que fue sometido a un largo proceso de mejoramiento genético en su país de origen. Se desarrolla bien en regiones frías, con inviernos largos (Castillo, 2008).

Aquí se encuentran los cultivares tradicionales: Tempranas: Duke, Sunrise, Bluechip, Spartan. Media estación: Bluejay, Bluecrop, Sierra, Nelson, Darrow, Blueray, Patriot. Tardías: Brighitta, Elliot.

Arándano alto de bajo requerimiento de frío (Southern highbush blueberry): son variedades resultantes de cruzamientos entre la especie anterior y especies nativas de zonas más cálidas. Tienen buena calidad de fruta y maduración temprana. Pueden alcanzar precios elevados en los mercados. En este grupo se incluyen cultivares como: O'Neal, Blueridge, Cape Fear, Sharpblue, Avonblue, Georgiagem, Cooper y Gulf Coast. La principal característica de estas variedades es el bajo requerimiento de frío invernal, lográndose producciones muy tempranas y tardías en zonas como Florida, Carolina del Norte, y California (Castillo, 2008; Zamorano, 2005).

En cuanto a los cultivares de “arándano alto”, hay que distinguir entre los que tienen un alto requerimiento de frío invernal (más de mil horas) como Bluecrop, Blueray y Elliot y aquellos que poseen un bajo requerimiento de horas de frío, que son generalmente de maduración temprana. Dentro de estos últimos destaca el cultivar O'Neal (Castillo, 2008).

El “arándano ojo de conejo” es una especie que ha obtenido popularidad debido a que tolera suelos con pH más altos, posee mayor resistencia a la sequía, produce mayor cantidad de fruta, tiene mejor duración en postcosecha, pero presenta una menor calidad sensorial del fruto en relación con el “arándano alto” (Pino, 2007).

Se adapta a regiones más cálidas que el arándano alto, tiene una mayor rusticidad, es más tolerante a la sequía y permite su cultivo en un rango más amplio de suelos (Castillo, 2008).

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”. Además, dado que estas colonias producen una gran cantidad de fruta que es comercializada, también tiene importancia económica en países como Canadá y Estados Unidos (Pino, 2007).

### 2.2.3. Propiedades y aspectos nutricionales del fruto

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 Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.**

*Composición nutricional del arándano*

| Nutriente             | 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 (2015).

#### **2.2.4. Índice de madurez y cosecha de arándanos**

El arándano presenta una curva de producción que alcanza su plenitud a partir del séptimo año de cultivo, utilizando material vegetal de 2 años de edad en el momento de su plantación. Hasta los 5 años, el arándano llega a un 60% de su producción. Una vez que el cultivo alcanza su capacidad de máxima producción, se mantiene prácticamente constante hasta unos años antes del final de su vida productiva, que puede ser de los 20 a 30 años (Castillo, 2008).

El fruto de arándano alcanza su madurez 60 a 80 días después de la floración dependiendo del cultivar y de la temperatura del lugar. Se originan 5 a 10 bayas en cada racimo los cuales maduran progresivamente durante varias semanas (Pino, 2007).

La cosecha se realiza selectivamente sobre la base del tamaño e índice de madurez de la fruta (Colima, 2010). Por lo general la cosecha de arándanos se basa en el color de la superficie de la fruta que debe ser 100% azul en su recubrimiento, sin embargo, se pueden utilizar como indicadores el nivel de sólidos solubles y la acidez titulable. La cosecha debe comenzarse tan temprano como se pueda después que la humedad condensada en la superficie de los frutos haya desaparecido. La fruta en estado maduro presenta una serosidad (pruina) que no debería ser removida, lo que implica cierto cuidado en la recolección (Pino, 2007; Hoffmann y De Souza, 2003; Colima, 2010).

#### **2.2.5. Antioxidantes en arándanos**

El arándano se cultiva en todos los continentes, siendo su centro de producción los Estados Unidos y Canadá. El 60% de la producción se destina a la industria, en la elaboración de dulces, pasteles, helados y yogures; sin embargo, año tras año se descubren nuevos usos. En particular se ha puesto especial atención a los estudios sobre arándanos y su comportamiento durante el almacenamiento que muestran una relación positiva entre la actividad antioxidante y el contenido de antocianinas (Coria y otros, 2008).

Las antocianinas, que le confieren el color azul al fruto, intervienen en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al

envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas y Alzheimer. La identificación y cuantificación de estos compuestos serviría de base para nuevos estudios y su posterior aplicación en la industria alimenticia (Coria y otros, 2008).

#### **2.2.6. Métodos analíticos**

Para medir el contenido de sólidos solubles totales (SST) se utilizó un refractómetro según la norma colombiana NTC 4624 (Icontec, 1999); para determinar el pH se usó un potenciómetro y los valores de acidez titulable (AT) se determinaron siguiendo la norma colombiana NTC 4623 (Icontec, 1999).

#### **2.2.7. Evaluación sensorial**

Esta evaluación se efectuó diariamente durante el período de almacenamiento, seleccionando frutas en cada uno de los tratamientos. Para calificar la apariencia general se utilizó una escala de grado de satisfacción, donde: 9 = me gusta muchísimo (MGM), 8 = me gusta mucho, 7 = me gusta moderadamente (MGMo), 6 = me gusta ligeramente (MGL), 5 = ni gusta ni disgusta (NGND), 4 = me disgusta ligeramente (MDL), 3 = me disgusta moderadamente (MDMo), 2 = me disgusta mucho y 1 = me disgusta muchísimo. Se consideraron treinta jueces consumidores no entrenados.

#### **2.2.8. Diseño experimental**

En el experimento se empleó un diseño completamente al azar, en arreglo factorial 3x2, con tres repeticiones para un total de 18 tratamientos, tres condiciones de almacenamiento (5°C, 10°C 15°C), dos condiciones de empaques (alta densidad y baja densidad) y evaluados en seis tiempos de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 24 días).

#### **2.2.9. Estimación de vida útil**

La estimación de vida útil o vida de anaquel de la arándano para cada condición de almacenamiento se proyectó utilizando la distribución probabilística de Weibull (Larsen, 2006). Estadísticamente se realizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov

Smirnov con un nivel de confiabilidad de 95% El límite de aceptabilidad en las pruebas sensoriales corresponde al valor de la escala 5.

## **2.3. Definición términos básicos**

### **2.3.1. Atmosferas modificadas**

La conservación en atmósfera modificada consiste en envasar los productos hortofrutícolas refrigerados con una película plástica, relativa y selectivamente permeable a los gases, para conseguir una atmósfera alrededor del producto durante la conservación, modificada respecto del aire (78.08 N<sub>2</sub>, 20.95 O<sub>2</sub>, 0.03 CO<sub>2</sub>, 0.94 Gases nobles), en particular empobrecida en O<sub>2</sub> y vapor de agua.

La base física de la técnica de atmósfera modificada se sustenta en el hecho de que determinadas envolturas constituidas por membranas de polímeros plásticos sintéticos de características altamente selectivas al paso de los gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, etc.) les confiere la propiedad de barrera semipermeable, que permite regular adecuadamente los intercambios gaseosos entre el órgano vegetal (vivo) y el ambiente que lo rodea, originados en la respiración del producto, de manera que se genere y establezca una atmósfera favorable para su supervivencia.

A diferencia de otros productos perecederos refrigerados que están envasados en atmósfera modificada, las frutas y hortalizas frescas continúan respirando después de ser recolectadas, y en consecuencia en cualquier empaquetado posterior debe tener en cuenta esta actividad respiratoria.

La principal característica a considerar cuando se seleccionan los materiales para el envasado en atmósfera modificada de frutas y hortalizas son:

- Permeabilidad requerida y selectiva para los distintos gases.
- Transparencia y brillo.
- Peso ligero.
- No tóxicos.

- Resistencia a la rotura y al estiramiento.
- Facilidad para sellarse por calor a temperatura relativamente baja.
- Que no reaccionen con el producto.
- Buena resistencia térmica y al ozono.
- Buena transmisión del calor.
- Adecuado para uso comercial.
- Facilidad de manejo y etiquetado.

Para el envasado de frutas y hortalizas en atmósfera modificada se seleccionan films de una permeabilidad intermedia de gases.

### **2.3.2. Aplicación de atmósferas modificadas o controladas**

Las atmósferas controladas o modificadas contienen niveles más bajos de O<sub>2</sub> y mayores de CO<sub>2</sub> que el aire. Mediante el uso de estas tecnologías se consigue reducir la respiración de la fruta, retrasando por tanto la maduración.

Cuando la modificación de las atmósferas se realiza manteniendo un control más o menos exacto de la concentración gaseosa dentro de cierto rango, recibe el nombre de atmósfera controlada. Si por el contrario se utiliza una mezcla de gases resultante del intercambio gaseoso del envase en equilibrio con la respiración del producto, la técnica se denomina atmósfera modificada. Ésta se consigue realizando vacío y reinyectando posteriormente la mezcla adecuada de gases, de tal manera que la atmósfera que se consigue en el envase va variando con el paso del tiempo en función de las necesidades y respuesta del producto. Los arándanos pueden conservarse, manteniendo una adecuada refrigeración y en atmósferas controladas del 10-12% CO<sub>2</sub> y aproximadamente 10% O<sub>2</sub>, por un periodo de 6 a 9 semanas, dependiendo del cultivar y del estado de madurez inicial del fruto.

Uno de los inconvenientes que presenta el uso de esta tecnología es su alto costo. No obstante, la aplicación de atmósfera controlada se hace indispensable cuando se requiere almacenar la fruta por periodos superiores a 3 semanas.

El empleo de atmósferas modificadas en la conservación de los frutos se ha incrementado en los últimos años en los países desarrollados. Una de las razones es que esta tecnología puede aplicarse a diversos tamaños de envase, desde palets completos hasta pequeños formatos individuales. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> alcanzados en el interior del envase deben encontrarse dentro del rango recomendado para esta fruta.

### **2.3.3. Procesamiento - Post Cosecha y Comercialización**

Una vez cosechada la fruta proveniente de pequeños y medianos productores, tanto para mercado interno como para su comercialización al exterior, es enviada a los centros de empaque.

Los centros de empaque, en su gran mayoría pertenecen a capitales extranjeros, los cuales también poseen sus propias plantaciones y cosechan con la misma modalidad que los productores de la zona.

Dos de las empresas más grandes presentes en la provincia de Entre Ríos, las cuales manejan la mayor parte de la producción, son: Integrity (Empresa Chilena) y BlueBerries, una empresa de los E.E.U.U. Las empresas de menor escala en cuanto a infraestructura y volumen de procesado son Delta Berries, Citrícola Ayuí y Mar Berries.

Las actividades de pos-cosecha que deben realizarse para que el arándano se exporte son las siguientes:

Una vez que la fruta llega en bandejas desde el campo, es colocada sobre una cinta seleccionadora, donde trabaja personal capacitado que descarta los frutos que no se encuentran en condiciones para el consumo en fresco. Esos frutos se destinan para la industria.

### **2.3.4. Temperatura de refrigeración**

El frío es una de las técnicas más ampliamente utilizada en el mundo para minimizar el deterioro postcosecha de frutas y hortalizas frescas, reduciendo además su

deshidratación y desarrollo de enfermedades. Cuando el destino de los arándanos es para consumo en fresco, es necesario reducir rápidamente la temperatura de los frutos mediante el preenfriado, hasta alcanzar valores próximos al aconsejado para la conservación, con el fin de evitar pérdidas de la calidad. (García Rubio, 2010).

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

Esta es investigación es de tipo cuantitativa. La cuantificación de los resultados serán obtenidos mediante cálculos matemáticos, en sus respectivas unidades de estudio, como es el tiempo, el peso e indicadores colorimétricos, entre otros.

Según su contexto la investigación será de laboratorio, lo que conlleva a realizar un apropiado manejo de las variables o condiciones de trabajo para obtención de buenos resultados.

#### **3.1.2. Diseño de la investigación**

La presente investigación será experimental, cuyos procedimientos se realizarán de acuerdo, a métodos o marchas ya establecidas para ser aplicadas en nuestras variables independientes, aplicando un diseño factorial.

### **3.2. Población y Muestra**

#### **3.2.1. Población**

El arándano utilizado para la presente investigación fue del distrito de Chongoyape, de la empresa San Juan.

#### **3.2.2. Muestra**

El Muestreo aplicado será de tipo intencional o de conveniencia, donde este tipo de muestra se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras "representativas" mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos.

También en este tipo de muestreo suele darse, que el investigador seleccione directa e intencionadamente los elementos de la población. Para la presente investigación se utilizará 10 Kg de arándanos, de acuerdo al tipo de análisis estadístico establecido.

### **3.3. Hipótesis**

#### **3.3.1. Hipótesis alternativa**

$H_1$  : La vida útil del arándano será de 16 días, con un contenido de Vitamina C, mayor a 30mg/100g de muestra al final del almacenamiento y en la evaluación sensorial un puntajes de 5 para el Sabor, 5 para el Color, 5 para el Olor, 5 para la Textura y 5 para Apariencia General, en el arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado a una temperatura de refrigeración de 5 °C, en un empaque de polietileno de alta densidad y en atmósfera modificada activa.

#### **3.3.2. Hipótesis nula**

$H_1$  : La vida útil del arándano llegara ser menor de 16 días, con un contenido de Vitamina C menor a 30mg/100g de muestra al final del almacenamiento y en la evaluación sensorial un puntajes menor a 5 para el Sabor, menor a 5 para el Color, menor a 5 para el Olor, menor a 5 para la Textura y menor a 5 para Apariencia General, en el arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado a una temperatura de refrigeración de 5 °C, en un empaque de polietileno de alta densidad y en atmósfera modificada activa.

### **3.4. Variables**

#### **3.4.1. Variable independiente**

- Temperatura de refrigeración: De 5 a 15 °C
- Tipo de empaque: Polietileno de Baja y Alta densidad

### 3.4.2. Variable dependiente

|                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| - Vitamina C         | mg/ml                          |
| - Sabor              | Puntaje (Evaluación Sensorial) |
| - Color              | Puntaje (Evaluación Sensorial) |
| - Olor               | Puntaje (Evaluación Sensorial) |
| - Textura            | Puntaje (Evaluación Sensorial) |
| - Apariencia general | Puntaje (Evaluación Sensorial) |

### 3.5. Operacionalización

En el Tabla 2.4., de detalla la Operacionalización de las variables.

**Tabla 2.4**

*Operacionalización de las variables*

| <b>Variable Independiente</b> | <b>Dimensiones</b>                  | <b>Indicadores</b>                    | <b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Temperatura de Refrigeración  | 5 - 15                              | °C                                    | Psicrometría   |
| Tipo de empaque               | Polietileno de Baja y Alta densidad | Densidad del empaque                  | Envasado a presión atmosférica                         |
| <b>Variable Independiente</b> | <b>Dimensiones</b>                  | <b>Indicadores ítems o respuestas</b> | <b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> |
| Vitamina C                    |                                     | mg/ml                                 | Por espectrofotometría                                 |
| Sabor                         |                                     | Puntaje                               | Evaluación sensorial: Escala Hedónica                  |
| Color                         |                                     | Puntaje                               |  |
| Olor                          |                                     | Puntaje                               |  |
| Textura                       |                                     | Puntaje                               | Evaluación sensorial: Escala Hedónica                  |
| Apariencia general            |                                     | Puntaje                               |  |

### 3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Abordaje metodológico

##### **Análisis Físico y Químico de la Materia Prima y Producto Final:**

- Determinación del contenido de agua
- Determinación del Contenido de Carbohidratos
- Determinación del Contenido de Proteínas
- Determinación del Contenido de Fibra
- Determinación del Contenido ceniza
- Determinación de Sólidos Solubles (°Bx)
- Determinación del pH (H<sup>+</sup>)
- Determinación de la Acidez (%)

##### **Determinación de la Vitamina C**

###### ***Materiales***

- Cubetas del Espectrofotómetro
- Filtros del Espectrofotómetro 540 nm.
- Papel Tissue
- Pipetas 1, 2, 3, 4, 5 y 10 ml
- Fiolas de 100 y 1000 ml.
- Tubos de Prueba.

###### ***Reactivos***

- a) Preparar una solución de ácido oxálico al 0.4 % pesar 4gr. De este ácido y llevar a volumen de 1000 ml. Con agua destilada.
- b) Soluciones estándar (madre) de ácido ascórbico: Preparar una solución de 0.1 % de ácido ascórbico en una solución ácida de 0.4 % de ácido oxálico. Pesar 100 mg. de ácido ascórbico y llevar a volumen de 100 ml. con una solución de ácido Oxálico al 0.4 %.
- c) Estándares de trabajo (ET): Tomar 1, 2, 3, 4 y 5 ml. de la solución madre de ácido ascórbico y llevar a volumen de 100 ml. con una

solución de ácido oxálico al 0.4 %. Esta solución numeradas del 1 al 5 contendrán 1, 2, 3, 4 y 5 mg. de ácido ascórbico por 100 ml. respectivamente.

- d) Solución coloreada (Colorantes): pesar 12 mg. de 2 – 6 DFIF , disolver y llevar a 1000 ml. de volumen con agua destilada. Utilizar agua destilada hirviente. Almacenar en botella de color oscura y en refrigeración.

***Preparación de la Curva Estándar.***

- e) Tomar 4 tubos de prueba y enumerarlas de I al IV y agregar lo siguiente:
- I 10 ml. de agua destilada
  - II 1 ml. de ácido oxálico al 0.4%
  - III 1 ml. de estándar de trabajo (ET) N° 1 + 9 ml. de agua
  - IV 1 ml. del estándar de trabajo (ET) N° 1
- f) Ajustar a cero la Absorbancia usando I y el filtro seleccionado.
- g) Al tubo II añadir 9 ml. del colorante y exactamente después de 15 segundos, leer la absorbancia.
- h) Ajustar a cero la absorbancia con la solución del tubo III
- i) Al tubo IV añadir 9 ml. del colorante y exactamente después de 15 segundos, leer la absorbancia ( $L_2$ ).

***Repetir el paso***

- a) Para cada estándar de trabajo (ET) y registrar los correspondientes valores de  $L_1$  y  $L_2$ . Construir la curva estándar con las concentraciones de ácido ascórbico (mg / 100 ml) en la abscisa y la ordenada la absorbancia, ( $L_1 - L_2$ ) para cada estándar de trabajo.

***Método: Preparación de la Muestra.***

- j) Marcar 50 gr. De muestra fresca con 350 ml. de una solución de ácido oxálico al 0.4 % en una licuadora por 3 min. y luego filtrar.
- k) Determinar  $L_1$  como se describió anteriormente (paso 3)
- l) En el tubo III colocar 1 ml. de filtrado (muestra) mas 9 ml de agua ajustar al cero la absorbancia.

- m) Luego en el tubo IV colocar 1 ml. de filtrado (muestra) mas 9 ml de colorante y registrar la absorbancia  $L_2$  después de 15 segundos.
- n) Calcular ( $L_1 - L_2$ ) y obtener la concentración de ácido ascórbico a partir de la curva estándar.

## **Evaluación Sensorial**

### ***Pruebas Descriptivas***

Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor. A través de las pruebas descriptivas se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contenga los atributos para que el producto tenga mayor aceptación del consumidor. Las pruebas analíticas descriptivas se clasifican en: escalas de clasificación por atributos y en pruebas de análisis descriptivo.

### ***Escala de Atributos***

Estas pruebas permiten evaluar los atributos de un producto alimenticio, se consigue describirlo, conocerlo y cuantificarlo, para posteriormente evaluar su aceptación por parte del consumidor.

### ***Escala De Categorías***

Principio de la prueba de escala de categorías La evaluación sensorial a través de escalas consiste en que los panelistas respondan a cada uno de los atributos sensoriales ubicando su valoración sobre una escala gráfica ancladas en los bordes, como se indica en el formato 10. A través de esta prueba se puede evaluar el color, la intensidad de los sabores básicos, la viscosidad, la adhesividad, entre otras.

### Formato Para Prueba de Escalas de Categoría

|  |            |
|--|------------|
| NOMBRE: _____ FECHA _____  |            |
| NOMBRE DEL PRODUCTO _____  |            |
| Frente a usted hay una muestra de arándanos frescos, usted debe probarla y evaluarla de acuerdo a cada uno de los atributos mencionados. Marque con una línea vertical sobre la línea horizontal |            |
| ATRIBUTOS  |            |
| Sabor  | 0 _____ 10 |
| Color  | 0 _____ 10 |
| Olor   | 0 _____ 10 |
| Textura  | 0 _____ 10 |
| Apariencia general   | 0 _____ 10 |

### 3.6.2. Técnicas de Investigación

#### Análisis documental

Se puede definir como operación o conjunto de operaciones, tendente a representar el contenido de un documento bajo una forma diferente de la suya original a fin de facilitar su consulta o localización en un estudio ulterior (Chaumier, J. 1974)

Tratamiento de la información contenida en los documentos reunidos, tiende a ponerla en forma, a representarla de otro modo por procedimientos de transformación. El objetivo es el almacenamiento bajo una forma variable, y

la facilitación del acceso al usuario, de tal forma que obtenga el máximo de información (aspecto cuantitativo) con el máximo de pertinencia (aspecto cualitativo). Por lo tanto el análisis documental es una fase preliminar en la constitución de un servicio de documentación o de un banco de datos. El análisis documental permite pasar de un documento primario a un documento secundario. (Laurence Bardin, 2002)

### **Análisis de contenido**

Es el tratamiento de mensajes (contenido y expresión de ese contenido) para actualizar indicadores que permitan inferir de una realidad otra diferente al mensaje. (Laurence Bardin, 2002)

Es una técnica utilizada para la captación sistemática e interpretación del contenido de textos, fotos, películas, etc. El objetivo del análisis de contenido es la valoración de los textos, etc. (Heinemann, Klaus.2003)

### **Entrevista**

La entrevista es un intercambio verbal, que nos ayuda a reunir datos durante un encuentro, de carácter privado y cordial, donde una persona se dirige a la otra y cuenta su historia, da su versión de los hechos y responde a preguntas relacionadas con un problema específico. (Acevedo Ibáñez, Alejandro. Alba Florencia A. López Martín.)

### **Encuesta**

La encuesta es una búsqueda sistemática de información en la que el investigador pregunta a los investigados sobre los datos que desea obtener y posteriormente “reúne estos datos individuales para obtener durante la evaluación datos agregados”. A diferencia del resto de técnicas de entrevista. La particularidad de la encuesta es que realiza a todos los entrevistados las mismas preguntas, en el mismo orden y en una situación social similar. La realización de las mismas preguntas a todas las administraciones implica un mayor control sobre lo que se pregunta. Razón

por la cual la recogida de datos con cuestionario se denomina estandarizada.

### 3.6.3. Técnicas de recolección de datos

En el Tabla 2.2 se observa el instrumento de recolección de datos, para la presente investigación

**Tabla 2.5**

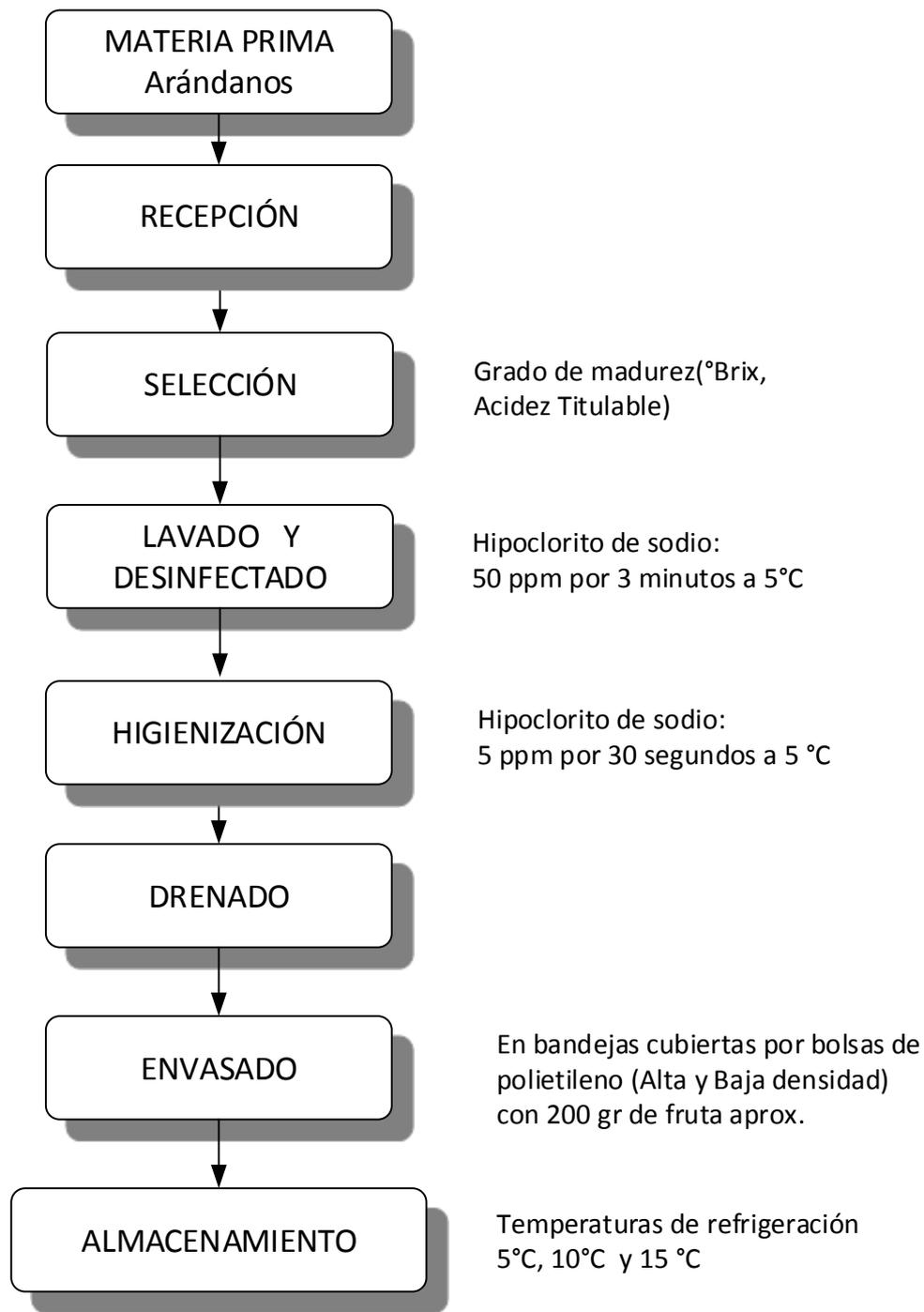
*Modelo Estructural de Triangulación de métodos y técnicas*

| Categoría | Entrevistados |             | intersección |
|-----------|---------------|-------------|--------------|
|           | Encuesta      | Observación | Elementos    |
| A         | X             | X           | X            |
| B         | X             | X           | X            |
| C         | x             | x           | x            |

Cabe destacar, que la mayor meta de la triangulación del tipo que sea, es controlar el sesgo personal de los investigadores y cubrir las deficiencias intrínsecas de un investigador singular o de una teoría única, o un mismo método de estudio y así incrementar la validez de los resultados.

### 3.6.4. Instrumentos de recolección de datos

La presente investigación parte desde la recepción de la materia prima, luego una selección para eliminar los arándanos en mas estado, para posteriormente hacer el lavado y la desinfección con hipoclorito de sodio. Una vez limpio los arándanos se procede a la etapa de higienización y eliminación del agua con un drenado, seguidamente el envasado y almacenamiento, como se muestra en la Figura 2.1.



**Figura 3.1.**

*Diagrama de flujo para el procesamiento del arándano fresco.*

**Recepción**  
**Selección**  
**Lavado**  
**Desinfectado**  
**Higienizado**  
**Drenado**  
**Envasado**  
**Almacenamiento**

### 3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos

#### 3.7.1. Plan de análisis estadístico de datos

En el Tabla 2.3, se detalle el plan de análisis estadístico de los datos para procesarlos.

**Tabla 2.6**

*Elaboración de variables según paquete estadístico Diseño-Expert, software de la versión 7 (DX7)*

| Muestras | Temperatura de Refrigeración | Tipo de empaque | Respuestas |
|----------|------------------------------|-----------------|------------|
| 1        | 15                           | Baja D          |            |
| 2        | 10                           | Alta D          |            |
| 3        | 5                            | Baja D          |            |
| 4        | 10                           | Alta D          |            |
| 5        | 15                           | Baja D          |            |
| 6        | 15                           | Alta D          |            |
| 7        | 5                            | Alta D          |            |
| 8        | 15                           | Baja D          |            |
| 9        | 5                            | Baja D          |            |

|    |    |        |
|----|----|--------|
| 10 | 5  | Alta D |
| 11 | 10 | Alta D |
| 12 | 10 | Baja D |

### 3.8. Criterios éticos

#### a. Respeto a la propiedad intelectual

El presente proyecto cumple con los requerimientos establecidos por OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) según nociones básicas sobre derecho de autor y derechos conexos, que protege los intereses de los creadores dándoles derechos de propiedad sobre sus creaciones, por lo cual cada texto extraído de libros, tesis, artículos, que hemos tomado para redactar el mencionado estudio ha sido citado debidamente.

#### b. Beneficencia

El propósito de indicado estudio se fundamenta en el aporte y beneficios que trae consigo la producción el procesamiento mínimo a nivel ambiental y económico y social. Desde el punto de vista ambiental beneficiará a la disminución del efecto invernadero ocasionado por las emisiones de CO<sub>2</sub>, a nivel social ayudará a reducir los problemas de desempleo y hambre que se presenta en el ciertos sectores; nivel económico contribuirá a aliviar las finanzas de los países consumidores. Así mismo personalmente ayudará a afianzar nuestro desarrollo profesional debido a que estaremos aplicando las bases y conocimientos prácticos adquiridos a lo largo del proceso de aprendizaje en la Universidad Señor de Sipán.

#### c. Respeto a la dignidad humana

Para el desarrollo del propuesto estudio se tomará en cuenta el respeto a cada una de las personas que participen en el proceso, además de ello estaremos dispuestos a cumplir con todos los deberes estipulados según el reglamentos de la Universidad Señor de Sipán.

### **3.9. Criterio de rigor científico**

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo durante el cual mantiene una calidad adecuada siempre que se garanticen las condiciones de conservación que se indican en el etiquetado. La vida útil depende tanto de las propias características de los alimentos como de las técnicas de conservación de los mismos.

Los estudios de vida útil aportan datos sobre cuánto tiempo un producto puede conservar inalteradas sus propiedades y es capaz de mantener su calidad desde el momento en el que el consumidor abre el envase.

En este sentido, la normativa establece la realización de estudios de vida útil para asegurar la ausencia de riesgos microbiológicos e identificar los cambios sensoriales en determinados alimentos.

A continuación se explica algunos de los métodos con los que contamos para estimar la vida útil de un producto de alimentación.

#### **Estudios acelerados de vida útil**

Los estudios acelerados de vida útil permiten predecir el comportamiento de los productos y anticiparse por lo tanto a su evolución en las condiciones habituales de almacenamiento y distribución.

Mientras que para los productos de una corta vida útil es factible determinar su vida comercial durante el proceso de desarrollo, la introducción al mercado de nuevos productos de larga vida útil presenta el hándicap de requerir información sobre su evolución a lo largo del tiempo completo de almacenamiento.

Este tipo de estudios ayudan a minimizar los costes, es decir, se reduce el retorno de producto alterado, pérdida de la imagen de la compañía, etc. Y nos permite, también, saber con antelación qué puntos débiles presenta el producto y poder modificarlo para alargar su vida comercial.

En este artículo: ¿Cómo se determina la vida comercial de un alimento de larga duración? Explicamos las ventajas de los estudios de vida útil acelerados.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1. Caracterización del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul.

**Tabla 4.1**

*Tabla de resultados de caracterización en 100g de arándano fresco.*

| N° | Análisis                       | Cantidad     |
|----|--------------------------------|--------------|
| 1  | Contenido de agua (g)          | 86.0 ± 0.2   |
| 2  | Contenido de Carbohidratos (g) | 14.0 ± 0.1   |
| 3  | Contenido de Proteínas (g)     | 0.7 ± 0.01   |
| 4  | Contenido de Grasa (g)         | 0.3 ± 0.02   |
| 5  | Contenido de Fibra (g)         | 2.4 ± 0.01   |
| 6  | Contenido ceniza (g)           | 0.1 ± 0.01   |
| 7  | Sólidos Solubles (°Bx)         | 12.6 ± 0.01  |
| 8  | pH (H+)                        | 3.25 ± 0.01  |
| 9  | Acidez (%)                     | 0.8 ± 0.01   |
| 10 | Índice de madurez              | 15.75 ± 0.01 |

### 4.2. Evaluación de la pérdida de Vitamina C del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada.

**Tabla 4.1**

*Tabla de resultados aplicando la matriz operacional.*

| Muestras | Temperatura de Refrigeración | Tipo de empaque | Vit. C mg/ml |
|----------|------------------------------|-----------------|--------------|
| 1        | 15                           | Baja D          | 52.62±0.01   |
| 2        | 10                           | Alta D          | 43.42±0.02   |
| 3        | 5                            | Baja D          | 46.82±0.01   |
| 4        | 10                           | Alta D          | 43.40±0.02   |
| 5        | 15                           | Baja D          | 48.60±0.02   |
| 6        | 15                           | Alta D          | 52.80±0.01   |

|    |    |        |            |
|----|----|--------|------------|
| 7  | 5  | Alta D | 42.53±0.02 |
| 8  | 15 | Baja D | 47.58±0.01 |
| 9  | 5  | Baja D | 42.72±0.01 |
| 10 | 5  | Alta D | 51.67±0.02 |
| 11 | 10 | Alta D | 50.24±0.01 |
| 12 | 10 | Baja D | 43.42±0.01 |

**4.3. Análisis sensorial de color, olor, sabor, textura y apariencia general del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, a diferentes temperaturas de refrigeración y tipo de empaque, almacenado en atmósfera modificada.**

**Tabla 4.1**

*Elaboración de la tabla de resultados aplicando la matriz operacional.*

| Muestras | Temperatura de Refrigeración | Tipo de empaque | Color Puntos | Olor Puntos | Sabor Puntos | Textura Puntos | Apariencia General Puntos |
|----------|------------------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------------------|
| 1        | 15                           | Baja D          | 7.02±0.02    | 6.42±0.02   | 7.55±0.01    | 6.63±0.01      | 7.85±0.02                 |
| 2        | 10                           | Alta D          | 6.57±0.01    | 4.56±0.01   | 6.86±0.02    | 7.01±0.02      | 7.12±0.01                 |
| 3        | 5                            | Baja D          | 6.43±0.02    | 3.84±0.02   | 6.94±0.01    | 6.12±0.01      | 6.54±0.01                 |
| 4        | 10                           | Alta D          | 6.49±0.01    | 5.64±0.01   | 6.59±0.02    | 6.25±0.01      | 6.24±0.02                 |
| 5        | 15                           | Baja D          | 6.52±0.01    | 6.41±0.02   | 6.97±0.01    | 6.87±0.02      | 6.85±0.01                 |
| 6        | 15                           | Alta D          | 6.11±0.02    | 6.45±0.01   | 6.77±0.01    | 6.22±0.01      | 6.73±0.02                 |
| 7        | 5                            | Alta D          | 6.54±0.01    | 6.58±0.01   | 5.88±0.02    | 6.57±0.01      | 6.94±0.01                 |
| 8        | 15                           | Baja D          | 6.64±0.01    | 4.85±0.02   | 5.64±0.01    | 7.10±0.02      | 6.72±0.01                 |
| 9        | 5                            | Baja D          | 6.57±0.02    | 6.54±0.01   | 4.68±0.02    | 6.75±0.01      | 6.23±0.01                 |
| 10       | 5                            | Alta D          | 6.58±0.01    | 6.42±0.02   | 4.34±0.01    | 6.42±0.01      | 6.54±0.02                 |
| 11       | 10                           | Alta D          | 6.35±0.01    | 6.45±0.01   | 5.68±0.01    | 6.42±0.02      | 6.95±0.01                 |
| 12       | 10                           | Baja D          | 6.53±0.02    | 6.89±0.01   | 6.45±0.01    | 6.46±0.01      | 6.74±0.02                 |

**Tabla 4.2.*****Análisis de varianza ANOVA para el contenido de Vitamina C***

| Source            | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F |          |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|----------|
| Model             | 166.715        | 5  | 33.343      | 19.310  | 0.0012           | signific |
| A-Temperatura     | 152.424        | 2  | 76.2120     | 44.137  | 0.0003           |          |
| B-Tipo de Empaque | 1.33333        | 1  | 1.3333      | 0.7721  | 0.4133           |          |
| AB                | 12.9583        | 2  | 6.4791      | 3.7523  | 0.0877           |          |
| Pure Error        | 10.3601        | 6  | 1.72668     |         |                  |          |
| Cor Total         | 177.075        | 11 |             |         |                  |          |

El modelo F - valor de 25,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 15.15 implica la falta de ajuste es significativo . Sólo hay una 0,17 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar .

**Tabla 4.3.*****Resumen de los coeficientes estadísticos, para contenido de Vitamina C***

| Coeficiente | Valor | Coeficiente    | Valor |
|-------------|-------|----------------|-------|
| Std. Dev.   | 0.51  | R-Squared      | 0.92  |
| Mean        | 34.81 | Adj R-Squared  | 0.88  |
| C.V. %      | 1.47  | Pred R-Squared | 0.83  |
| PRESS       | 7.21  | Adeq Precision | 16.82 |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.8329 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.8790 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es

deseable. Tu proporción de 16.822 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño .

**Tabla 4.4.**

***Análisis de varianza ANOVA para el atributo Sabor***

| Source            | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F |          |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|----------|
| Model             | 11.5193        | 5  | 2.304       | 13.307  | 0.0034           | signific |
| A-Temperatura     | 10.2695        | 2  | 5.135       | 29.658  | 0.0008           |          |
| B-Tipo de Empaque | 0.1121         | 1  | 0.112       | 0.648   | 0.4516           |          |
| AB                | 1.1376         | 2  | 0.569       | 3.285   | 0.1087           |          |
| Pure Error        | 1.0388         | 6  | 0.173       |         |                  |          |
| Cor Total         | 12.5581        | 11 |             |         |                  |          |

El modelo F - valor de 24,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 12.15 implica la falta de ajuste es significativo . Sólo hay una 0,15 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar .

**Tabla 4.5.**

***Resumen de los coeficientes estadísticos, para contenido de sabor***

| Coeficiente | Valor | Coeficiente    | Valor |
|-------------|-------|----------------|-------|
| Std. Dev.   | 0.51  | R-Squared      | 0.91  |
| Mean        | 34.81 | Adj R-Squared  | 0.86  |
| C.V. %      | 1.47  | Pred R-Squared | 0.85  |
| PRESS       | 7.21  | Adeq Precision | 17.82 |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.8329 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.8790 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Tu proporción de 17.82 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño .

**Tabla 4.6.**

***Análisis de varianza ANOVA para el atributo Sabor***

| Source            | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F |          |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|----------|
| Model             | 25.49          | 6  | 5.58        | 24.21   | < 0.0001         | signific |
| A-Temperatura     | 6.87           | 1  | 6.77        | 27.78   | < 0.0001         |          |
| B-Tipo de Empaque | 5.91           | 2  | 4.95        | 12.15   | 0.0003           |          |
| AB                | 17.79          | 2  | 11.89       | 40.73   | < 0.0001         |          |
| Pure Error        | 0.15           | 6  | 0.03        |         |                  |          |
| Cor Total         | 43.15          | 17 |             |         |                  |          |

El modelo F - valor de 24,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 12.15 implica la falta de ajuste es significativo . Sólo hay una 0,15 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar .

**Tabla 4.7.****Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Sabor**

| <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> | <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Std. Dev.          | 0.51         | R-Squared          | 0.91         |
| Mean               | 34.81        | Adj R-Squared      | 0.86         |
| C.V. %             | 1.47         | Pred R-Squared     | 0.85         |
| PRESS              | 7.21         | Adeq Precision     | 16.82        |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.85 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.86 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Tu proporción de 16.82 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

**Tabla 4.8.****Análisis de varianza ANOVA para el atributo Color**

| Source            | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F |          |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|----------|
| Model             | 0.743          | 5  | 0.149       | 27.828  | 0.0004           | signific |
| A-Temperatura     | 0.509          | 2  | 0.254       | 47.599  | 0.0002           |          |
| B-Tipo de Empaque | 0.147          | 1  | 0.147       | 27.596  | 0.0019           |          |
| AB                | 0.087          | 2  | 0.044       | 8.173   | 0.0194           |          |
| Pure Error        | 0.032          | 6  | 0.005       |         |                  |          |
| Cor Total         | 0.775          | 11 |             |         |                  |          |

El modelo F - valor de 21,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 11.15 implica la falta de ajuste es significativo . Sólo hay una 0,12 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del

valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar.

**Tabla 4.9.**

***Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Color***

| <b>Coefficiente</b> | <b>Valor</b> | <b>Coefficiente</b> | <b>Valor</b> |
|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| Std. Dev.           | 0.48         | R-Squared           | 0.89         |
| Mean                | 30.21        | Adj R-Squared       | 0.88         |
| C.V. %              | 1.37         | Pred R-Squared      | 0.84         |
| PRESS               | 6.22         | Adeq Precision      | 14.72        |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.84 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.88 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Tu proporción de 14.72 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

**Tabla 4.10.**

***Análisis de varianza ANOVA para el atributo Olor***

| Source            | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F |             |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|-------------|
| Model             | 4.236          | 5  | 0.8472      | 318.707 | < 0.0001         | significant |
| A-Temperatura     | 3.866          | 2  | 1.9331      | 727.188 | < 0.0001         |             |
| B-Tipo de Empaque | 0.205          | 1  | 0.2054      | 77.270  | 0.0001           |             |
| AB                | 0.165          | 2  | 0.0823      | 30.944  | 0.0007           |             |
| Pure Error        | 0.016          | 6  | 0.0027      |         |                  |             |
| Cor Total         | 4.252          | 11 |             |         |                  |             |

El modelo F - valor de 26,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 14.15 implica la falta de ajuste es significativo . Sólo hay una 0,12 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del

valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar.

**Tabla 4.11.**

***Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Olor***

| <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> | <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Std. Dev.          | 0.52         | R-Squared          | 0.87         |
| Mean               | 32.21        | Adj R-Squared      | 0.82         |
| C.V. %             | 1.33         | Pred R-Squared     | 0.81         |
| PRESS              | 6.25         | Adeq Precision     | 15.22        |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.84 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.88 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Tu proporción de 15.22 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

**Tabla 4.4.**

***Análisis de varianza ANOVA para el atributo Textura***

| Source            | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value  | Prob > F |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|----------|----------|
| Model             | 1.76137        | 5  | 0.352       | 54.057  | < 0.0001 | signific |
| A-Temperatura     | 1.68022        | 2  | 0.840       | 128.917 | < 0.0001 |          |
| B-Tipo de Empaque | 0.06750        | 1  | 0.067       | 10.358  | 0.0182   |          |
| AB                | 0.01365        | 2  | 0.007       | 1.047   | 0.4073   |          |
| Pure Error        | 0.03910        | 6  | 0.007       |         |          |          |
| Cor Total         | 1.80047        | 11 |             |         |          |          |

El modelo F - valor de 23,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 12.15 implica la falta de ajuste es

significativo . Sólo hay una 0,14 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar.

**Tabla 4.5.**

***Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Textura***

| <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> | <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Std. Dev.          | 0.72         | R-Squared          | 0.89         |
| Mean               | 32.51        | Adj R-Squared      | 0.83         |
| C.V. %             | 1.35         | Pred R-Squared     | 0.86         |
| PRESS              | 6.27         | Adeq Precision     | 16.21        |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.86 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.83 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Tu proporción de 16.21 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

**Tabla 4.4.**

***Análisis de varianza ANOVA para el atributo Apariencia General***

| Source        | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F |             |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|-------------|
| Model         | 1.9977         | 5  | 0.400       | 143.122 | < 0.0001         | significant |
| A-Temperatura | 1.3185         | 2  | 0.659       | 236.152 | < 0.0001         |             |
| B-Tipo de     |                |    |             |         |                  |             |
| Empaque       | 0.3502         | 1  | 0.350       | 125.448 | < 0.0001         |             |
| AB            | 0.3290         | 2  | 0.165       | 58.928  | 0.0001           |             |
| Pure Error    | 0.0168         | 6  | 0.003       |         |                  |             |
| Cor Total     | 2.0145         | 11 |             |         |                  |             |

El modelo F - valor de 23,21 implica el modelo es significativo. Solo hay una posibilidad 0,01 % de que un " modelo F - Valor " este grande podría ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob > F " menos de 0,0500 indican los términos del modelo son significativas. Si hay muchos términos modelo insignificante (sin

contar los que permiten la jerarquía ), reducción de modelos puede mejorar su modelo. La " falta de ajuste F- valor" de 12.15 implica la falta de ajuste es significativo . Sólo hay una 0,14 % de probabilidad de que una " falta de ajuste del valor F " esta grande podría ocurrir debido al ruido. Significativa falta de ajuste es malo - queremos que el modelo para encajar.

**Tabla 4.5.**

*Resumen de los coeficientes estadísticos, para el atributo Apariencia General*

| <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> | <b>Coeficiente</b> | <b>Valor</b> |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Std. Dev.          | 0.72         | R-Squared          | 0.89         |
| Mean               | 32.51        | Adj R-Squared      | 0.83         |
| C.V. %             | 1.35         | Pred R-Squared     | 0.86         |
| PRESS              | 6.27         | Adeq Precision     | 12.51        |

El " Pred R<sup>2</sup> " de 0.86 es razonablemente de acuerdo con el " Adj R - Squared " de 0.83 . " Adeq precisión " mide la relación señal a ruido. Una mayor proporción de 4 es deseable. Tu proporción de 12.51 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

#### **4.4. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano fresco**

**Se realizó las sumatorias de X e Y de datos experimentales.**

$$\sum X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \quad \dots (1)$$

$$\sum Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n \quad \dots (2)$$

**Se determinó los Promedios**

n = número de Datos experimentales

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad \dots (3)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} \quad \dots (4)$$

**Se determinó las:**

$$\sum X^2 \quad \text{y} \quad \sum Y^2$$

**Se determinó la:**

$$\sum XY$$

**Se determinó las:**

$$\sum (X - X_p)^2 = S_{XX}$$

$$\sum (Y - Y_p)^2 = S_{YY}$$

$$\sum (X - X_p)(Y - Y_p) = S_{XY}$$

A continuación se muestra el procedimiento que determinó el tiempo de vida útil y límites de confianza en los tratamientos, para: Vitamina C. Sabor, Color, Olor, Textura y Apariencia general.

#### **4.4.1. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano, en función de Vitamina C**

**Tabla 7.17.**

*Datos experimentales de Y en f(x), para la evaluación de la Vitamina C*

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 52.80   | 52.33                  | 0.47            | 0.22              |
| 2 | 3      | 48.60   | 49.79                  | -1.19           | 1.41              |
| 3 | 6      | 47.60   | 47.24                  | 0.36            | 0.13              |
| 4 | 9      | 44.10   | 44.70                  | -0.60           | 0.36              |
| 5 | 12     | 43.40   | 42.16                  | 1.24            | 1.54              |
| 6 | 15     | 40.60   | 39.62                  | 0.98            | 0.97              |
| 7 | 18     | 35.80   | 37.07                  | -1.27           | 1.62              |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>6.249</b>      |

Nota: Resultados de Cálculo de sumatoria, ver anexos

Se determinó el cuadrado medio del error (Mse), para la evaluación de la vitamina C

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (6.249)}$$

$$MSe = S = 1.118$$

Luego Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\hat{X} = 20.445 = 20 \text{ días}$$

**Tabla 7.18.**

*Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ , para la evaluación de la Vitamina C*

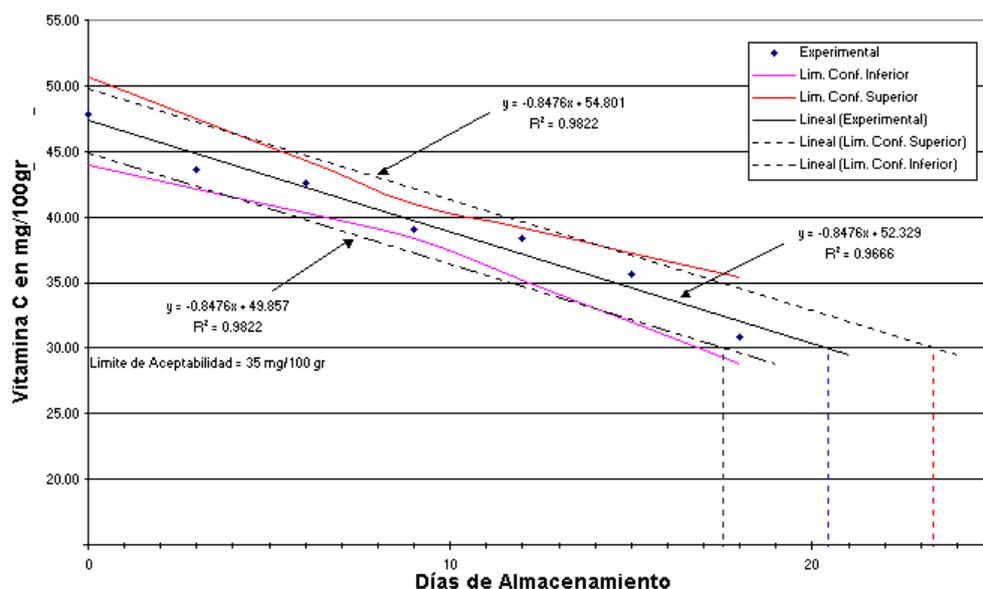
| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 52.80          | 52.33                  | 55.66      | 49.00      |
| 3             | 48.60          | 49.79                  | 52.45      | 47.12      |
| 6             | 47.60          | 47.24                  | 49.24      | 45.25      |
| 9             | 44.10          | 44.70                  | 46.03      | 43.37      |
| 12            | 43.40          | 42.16                  | 44.15      | 40.16      |
| 15            | 40.60          | 39.62                  | 42.28      | 36.95      |
| 18            | 35.80          | 37.07                  | 40.40      | 33.74      |

Fuente: *Datos experimentales.*

### **Evaluación de la vida útil en función del análisis de Vitamina C**

De acuerdo a los gráficos mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden, se puede observar que los coeficientes de determinación para el análisis de Vitamina C es de 0.9666.

El tiempo de vida útil teniendo en cuenta el análisis de Vitamina C es de 20 días. Por lo tanto valores menores a estos serán considerados insuficientes en el aspecto nutricional.



**Figura 5.1**  
*Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Vitamina C*

En conclusión después de haber determinado la vida útil en base al aspecto sensorial y de Vitamina C. Se tomó el valor más bajo de periodo de vida útil, puesto que este periodo cumple con los requisitos mínimos requeridos para el consumo del arándano fresco. El atributo que fijo este límite fue la evaluación organoléptica de sabor, cuyo periodo de vida útil fue de 16 días almacenadas en refrigeración.

#### 4.4.2. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano, en función del atributo: Sabor

A continuación se muestra paso a paso, el procedimiento utilizado para cada uno de los atributos. Tomaremos el procedimiento para el Sabor.

**Tabla A 7.2.**

**Datos experimentales de Y en f(x), para el atributo Sabor**

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.230                  | -0.230          | 0.053             |
| 2 | 3      | 7.00    | 6.679                  | 0.322           | 0.103             |
| 3 | 6      | 6.00    | 6.127                  | -0.127          | 0.016             |
| 4 | 9      | 5.75    | 5.576                  | 0.174           | 0.030             |
| 5 | 12     | 5.00    | 5.025                  | -0.025          | 0.001             |
| 6 | 15     | 4.29    | 4.474                  | -0.188          | 0.035             |
| 7 | 18     | 4.00    | 3.923                  | 0.077           | 0.006             |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.245</b>      |

Nota: Resultados de Cálculo de sumatorias, ver anexos.

**Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe^2 = \frac{1}{(n-2)} SSe = Se^2$$

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe} \dots (7)$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.245)}$$

$$MSe = S = 0.221$$

**Luego se determinó la vida útil, en función del Sabor:**

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{5 - 7.2296}{-0.139}$$

$$\hat{X} = 16 \text{ días}$$

**Tabla A 7.4.**

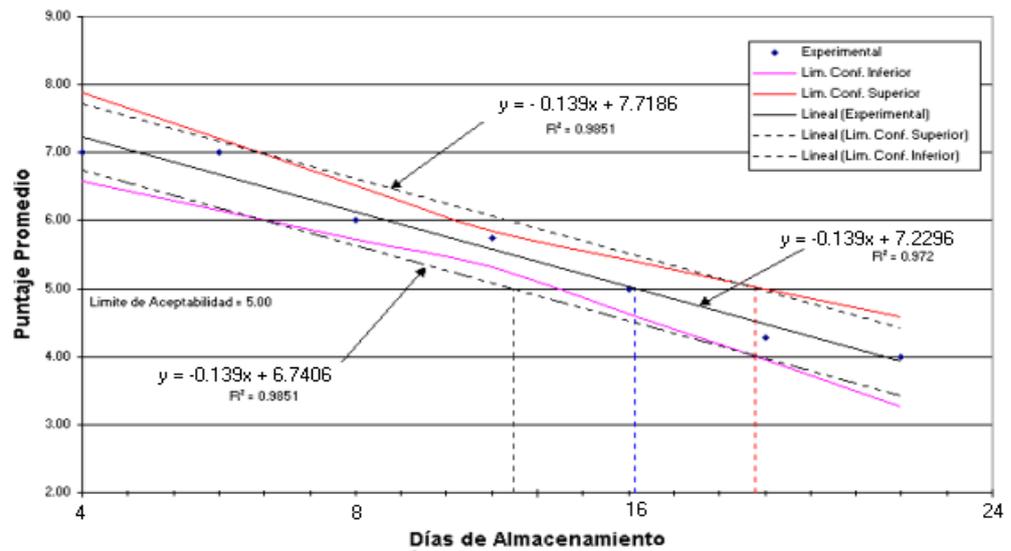
*Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ , para el atributo Sabor.*

| Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | LCI   | LCS   |
|--------|---------|------------------------|-------|-------|
| 0      | 7.00    | 7.230                  | 7.888 | 6.571 |
| 3      | 7.00    | 6.679                  | 7.205 | 6.152 |
| 6      | 6.00    | 6.127                  | 6.522 | 5.732 |
| 9      | 5.75    | 5.576                  | 5.840 | 5.313 |
| 12     | 5.00    | 5.025                  | 5.420 | 4.630 |
| 15     | 4.29    | 4.474                  | 5.001 | 3.948 |
| 18     | 4.00    | 3.923                  | 4.581 | 3.265 |

Nota: Datos experimentales, ver anexos

LCI : Límite de confianza inferior.

LCS: Límite de confianza superior.



**Figura 5.2**

*Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Sabor*

#### 4.4.3. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano, en función del atributo: Color

**Tabla A 7.5.**

*Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5), para el atributo Color*

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.237                  | -0.237          | 0.056             |
| 2 | 3      | 7.00    | 6.777                  | 0.223           | 0.050             |
| 3 | 6      | 6.63    | 6.317                  | 0.308           | 0.095             |
| 4 | 9      | 5.88    | 5.857                  | 0.018           | 0.000             |
| 5 | 12     | 5.00    | 5.397                  | -0.397          | 0.158             |
| 6 | 15     | 4.75    | 4.937                  | -0.187          | 0.035             |
| 7 | 18     | 4.75    | 4.477                  | 0.273           | 0.074             |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.468</b>      |

Nota: Resultados de Cálculo de sumatorias, ver anexo.

**Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.468)}$$

$$MSe = S = 0.306$$

**Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

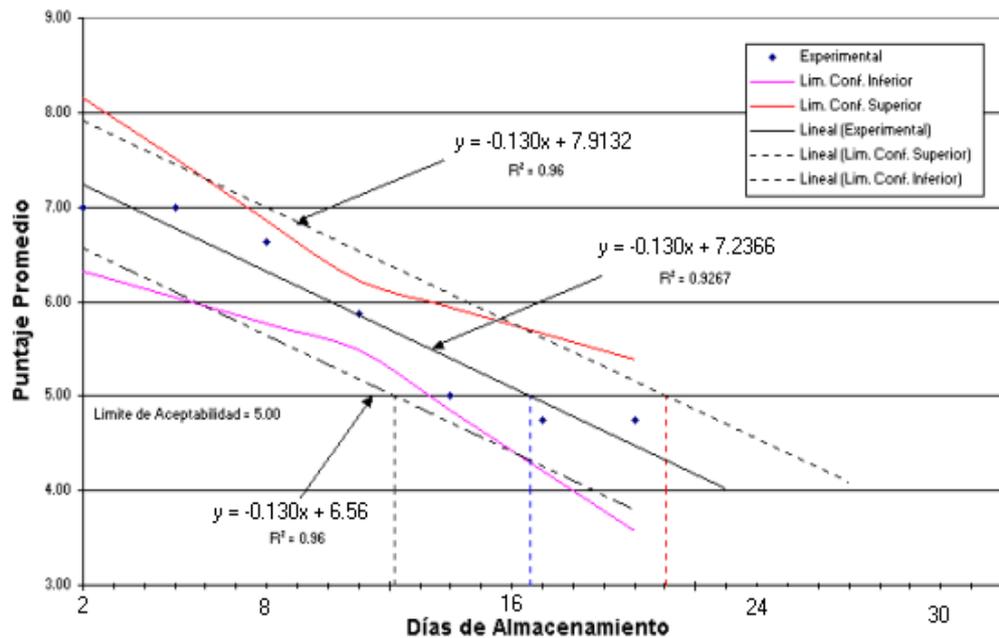
$$\hat{X} = 17 \text{ días}$$

**Tabla A 7.6.**

**Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | LCI   | LCS   |
|--------|---------|------------------------|-------|-------|
| 0      | 7.00    | 7.237                  | 8.147 | 6.326 |
| 3      | 7.00    | 6.777                  | 7.505 | 6.048 |
| 6      | 6.63    | 6.317                  | 6.863 | 5.770 |
| 9      | 5.88    | 5.857                  | 6.221 | 5.493 |
| 12     | 5.00    | 5.397                  | 5.943 | 4.851 |
| 15     | 4.75    | 4.937                  | 5.666 | 4.208 |
| 18     | 4.75    | 4.477                  | 5.388 | 3.566 |

Nota: *Datos experimentales, ver anexo*



**Figura 5.3.**

*Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Color*

**4.4.4. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano, en función del atributo: Olor**

**Tabla A 7.8.**

*Datos experimentales de Y en f(x), para el atributo Olor.*

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.228                  | -0.228          | 0.052             |
| 2 | 3      | 7.00    | 6.705                  | 0.295           | 0.087             |
| 3 | 6      | 6.00    | 6.183                  | -0.183          | 0.034             |
| 4 | 9      | 5.88    | 5.661                  | 0.214           | 0.046             |
| 5 | 12     | 5.00    | 5.139                  | -0.139          | 0.019             |
| 6 | 15     | 4.88    | 4.616                  | 0.259           | 0.067             |
| 7 | 18     | 3.88    | 4.094                  | -0.219          | 0.048             |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.352</b>      |

*Nota: Resultados de Cálculo de sumatorias, ver anexo.*

**Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.352)}$$

$$MSe = S = 0.265$$

**Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

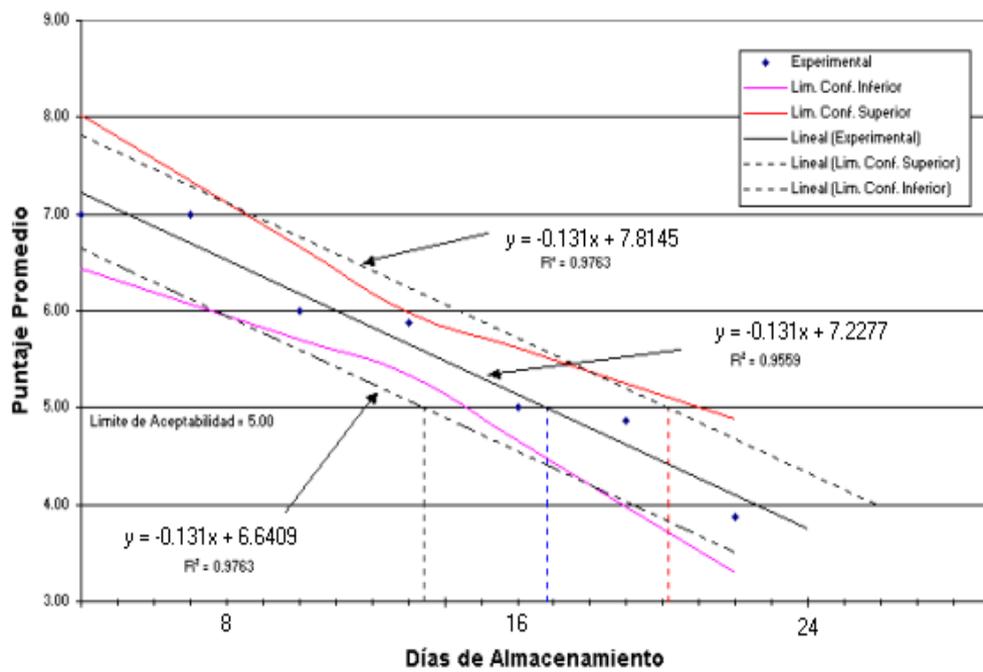
$$\hat{X} = 17 \text{ días}$$

**Tabla A 7.9.**

*Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ , para el atributo Olor.*

| Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | LCI   | LCS   |
|--------|---------|------------------------|-------|-------|
| 0      | 7.00    | 7.228                  | 8.018 | 6.438 |
| 3      | 7.00    | 6.705                  | 7.337 | 6.073 |
| 6      | 6.00    | 6.183                  | 6.657 | 5.709 |
| 9      | 5.88    | 5.661                  | 5.977 | 5.345 |
| 12     | 5.00    | 5.139                  | 5.612 | 4.665 |
| 15     | 4.88    | 4.616                  | 5.248 | 3.984 |
| 18     | 3.88    | 4.094                  | 4.884 | 3.304 |

Fuente: Datos experimentales, ver anexo.



**Figura 5.4.**

*Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Olor*

**4.4.5. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano, en función del atributo: Textura.**

**Tabla 7.14.**

**Datos experimentales de Y en f(x), para el atributo Textura.**

| <b>n</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|----------|---------------|----------------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1        | 0             | 7.00           | 7.37                   | -0.37           | 0.13              |
| 2        | 3             | 7.00           | 6.89                   | 0.11            | 0.01              |
| 3        | 6             | 6.63           | 6.42                   | 0.21            | 0.04              |
| 4        | 9             | 6.00           | 5.95                   | 0.05            | 0.00              |
| 5        | 12            | 5.63           | 5.47                   | 0.15            | 0.02              |
| 6        | 15            | 5.38           | 5.00                   | 0.37            | 0.14              |
| 7        | 18            | 4.00           | 4.53                   | -0.53           | 0.28              |
|          |               |                |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.632</b>      |

Fuente: *Resultados de Cálculo de sumatorias, ver anexo.*

**Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.632)}$$

$$MSe = S = 0.355$$

**Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

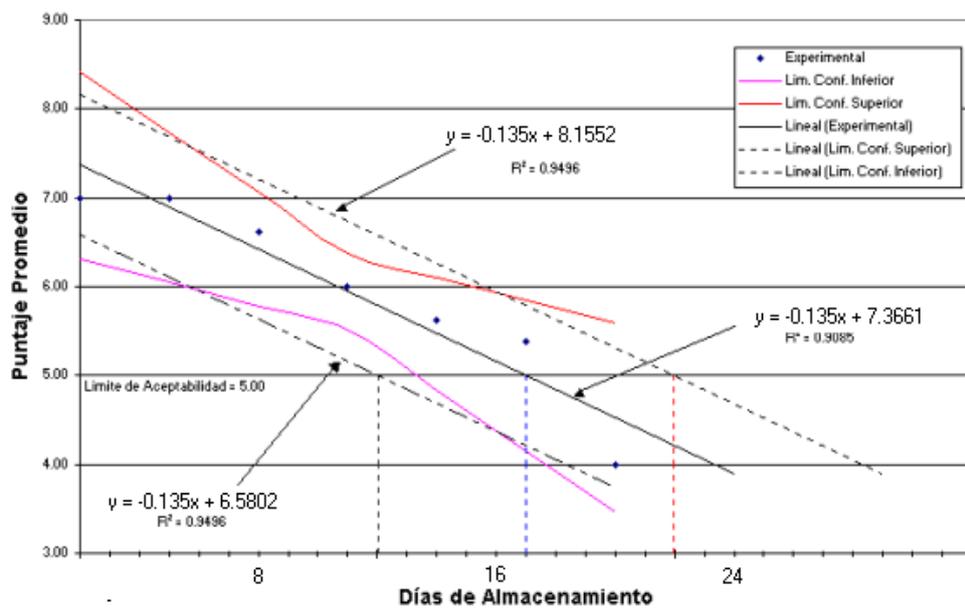
$$\hat{X} = 17 \text{ días}$$

**Tabla 7.15.**

*Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$  para el atributo textura.*

| Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | LCI  | LCS  |
|--------|---------|------------------------|------|------|
| 0      | 7.00    | 7.37                   | 8.42 | 6.31 |
| 3      | 7.00    | 6.89                   | 7.74 | 6.05 |
| 6      | 6.63    | 6.42                   | 7.05 | 5.79 |
| 9      | 6.00    | 5.95                   | 6.37 | 5.52 |
| 12     | 5.63    | 5.47                   | 6.11 | 4.84 |
| 15     | 5.38    | 5.00                   | 5.85 | 4.15 |
| 18     | 4.00    | 4.53                   | 5.59 | 3.47 |

Fuente: Datos experimentales.



**Figura 5.5.**

*Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil del arándano fresco en el atributo Textura*

**4.4.6. Determinación Del Tiempo De Vida Útil del Arándano, en función del atributo: Apariencia General.**

**Tabla A 7.11.**

**Datos experimentales de Y en f(x) , para el atributo Apariencia General**

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.295                  | -0.295          | 0.087             |
| 2 | 3      | 7.00    | 6.911                  | 0.089           | 0.008             |
| 3 | 6      | 7.00    | 6.527                  | 0.473           | 0.224             |
| 4 | 9      | 6.13    | 6.143                  | -0.018          | 0.000             |
| 5 | 12     | 5.50    | 5.759                  | -0.259          | 0.067             |
| 6 | 15     | 5.38    | 5.375                  | 0.000           | 0.000             |
| 7 | 18     | 5.00    | 4.991                  | 0.009           | 0.000             |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.386</b>      |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

**Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.386)}$$

$$MSe = S = 0.278$$

**Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

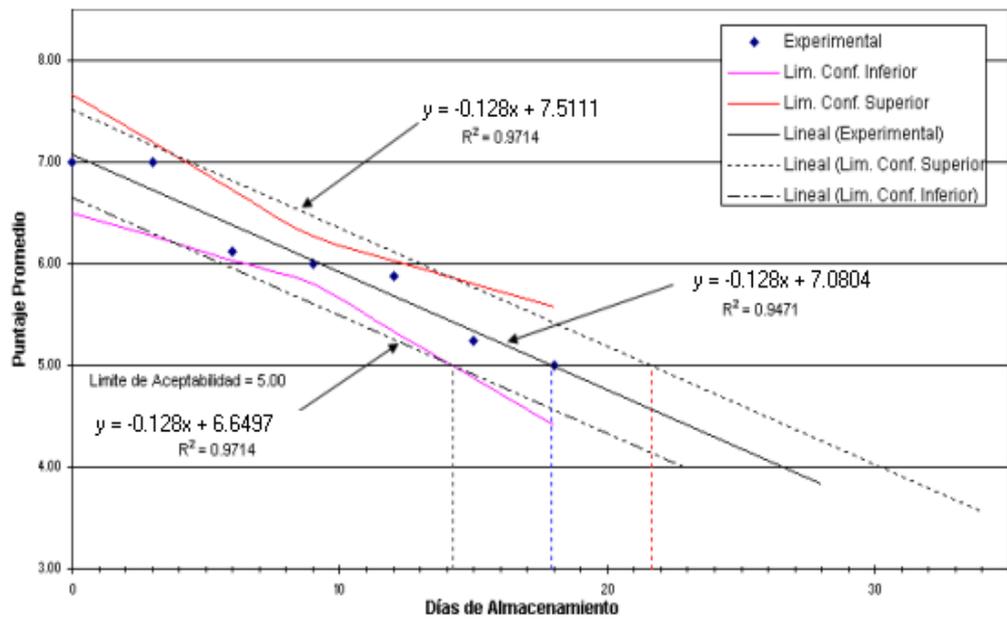
$$\hat{X} = 18 \text{ días}$$

**Tabla A 7.12.**

**Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 7.00           | 7.295                  | 8.122      | 6.467      |
| 3             | 7.00           | 6.911                  | 7.572      | 6.249      |
| 6             | 7.00           | 6.527                  | 7.023      | 6.030      |
| 9             | 6.13           | 6.143                  | 6.473      | 5.812      |
| 12            | 5.50           | 5.759                  | 6.255      | 5.262      |
| 15            | 5.38           | 5.375                  | 6.036      | 4.713      |
| 18            | 5.00           | 4.991                  | 5.818      | 4.163      |

Fuente: *Datos experimentales.*



**Figura 5.6.**

*Determinación Gráfica del Tiempo de Vida Útil de del arándano fresco en el atributo Apariencia General*

#### 4.5. DISCUSIÓN

Para la caracterización del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul. Se obtuvo los siguientes resultados: el contenido de agua fue de  $86.0 \pm 0.2$  % mientras que para KADER, A. (2010) nos dice que el contenido de agua es de 89 %. Para los sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) fue de  $12.6 \pm 0.01$ , mientras que para Saftner et al. (2008) nos dice que para frutos de 11 variedades de arándanos donde el contenido de SST varió entre 10,6-13,2  $^{\circ}\text{Brix}$ . En los frutos maduros, los SST tienen importancia por estar formados por compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general los atributos de calidad (Shoemaker, 1975). Para el pH ( $\text{H}^+$ ) el contenido fue de  $3.25 \pm 0.01$ , mientras que para Saftner et al. (2008), en arándanos (*V. corymbosum*) completamente maduros, encontraron un pH entre 2,5-3,4. Igualmente, Pino (2007) reportó valores que oscilaron entre 2,68 y 3,35. Para la Acidez (%) fue de  $0.8 \pm 0.01$ , mientras que para (Mitcham et al., 2007) debería estar en un rango de 0.4-1.31%.

La determinación de la vida útil del arandano, se determinó mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden el cual se realizó mediante pruebas sensoriales, físico-químicas (vitamina C) y sensoriales (Sabor, Color, Olor, Textura y Apariencia general), las cuales se hicieron a partir del primer día de almacenamiento y posteriormente fueron realizadas a intervalos de 3 días. La evaluación sensorial fue realizada por 8 jueces semientrenados con una escala de 1 a 10 (Prueba de Escalas de Categoría), la evaluación de la vitamina C fue determinada mediante el método de Thilman. Para el análisis sensorial, el resultado de los jueces de 5.0 fue fijado como el punto hasta el cual, el producto es considerado apto para su consumo.

Para el análisis de vitamina C, un valor de 30 mg/100 g. fue fijado como el punto hasta el cual, el producto fue considerado apto para su consumo, puesto que 60 mg/día, es el requerimiento mínimo de esta vitamina y además las bandejas de estas muestras contienen 100 g de fruta.

En las Figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 mediante el método desarrollado por Graybill y Bowden se puede observar que los coeficientes de determinación para el sabor es 0.9720, para la apariencia general es 0.9144, para el color es 0.9267, para el olor es 0.9559 y para la textura es 0.9085.

El tiempo de vida útil teniendo en cuenta el atributo de sabor es 16 días, para la apariencia general es 18 días, para el color es 17 días, para el olor es de 17 días y para la textura es 17 días.

De estos resultados se pueden concluir que el atributo de sabor es el que presenta un menor tiempo de vida útil, es por este motivo que para el aspecto organoléptico se tomará este periodo como tiempo de vida útil para el arándano fresco, aun cuando los demás atributos estén en el rango de aceptables.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- En el almacenamiento las muestras que presentaron mayor conservación de la Vitamina C, fueron los arándanos almacenados a 5 °C, con 20 días de almacenamiento, en empaque de alta densidad y atmosfera modificada con CO<sub>2</sub>. Considerando que a todas las muestras se trataron con CO<sub>2</sub>.
- En las muestras que presentaron un Sabor más agradable, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 16 días, en atmosfera modificada activa con CO<sub>2</sub>.
- Aquellas muestras que presentaron un mejor Color, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 17 días, en atmosfera modificada activa con CO<sub>2</sub>.
- Las muestras que presentaron un mejor Olor, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 17 días, en atmosfera modificada activa con CO<sub>2</sub>, como se muestra en las figuras de los resultados.
- En la evaluación de textura, las muestras que tuvieron un mejor puntaje, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 18 días.

- En la evaluación de la Apariencia general, las muestras que tuvieron un mejor puntaje, fueron aquellas que se almacenaron a 5 °C, en un empaque de alta densidad y por 17 días.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar tratamientos de conservación de arándanos, empleando cloruro de calcio en combinación con otras técnicas de conservación como la adición de ácido ascórbico, ácido cítrico, recubrimiento con películas comestibles, etc.
- Evaluar el empleo de la técnica de impregnación al vacío de cloruro de calcio, ácido ascórbico, ácido cítrico en y en otras frutas.
- Evaluar distintos porcentajes de mezclas de gases (oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno), con la finalidad de determinar las concentraciones óptimas específicas para una mayor conservación de arándano y de otras frutas.
- Evaluar las temperaturas de almacenamiento del arándano y de otras frutas, con la finalidad de establecer la más adecuada para su conservación.
- Evaluar las características de los empaques de los productos de la cuarta gama, con la finalidad de determinar el más idóneo que, mantenga por más tiempo la calidad de cada uno de estos productos.

## REFERENCIAS

- ADEX 2015. Perú Exporta – Boletín Semanal N°127. Del 19 al 25 de junio del 2015.
- ANSARI, M.; TUTEJA, N. (2015). Post-harvest quality risks by stress/ethylene: management to mitigate. *Protoplasma* 252: 21-32.
- Alsmairat, N., Contreras, C., Hancock, J., Callow, P., Beaudry, R., 2011. Use of combinations of commercially relevant O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressures to evaluate the sensitivity of nine highbush blueberry fruit cultivars to controlled atmospheres. *HortScience* 46, 74–79.
- Bañados, M.P., (2006). Blueberry production in South America. *Acta Hort.* 715, 165–172.
- Beaudry, R.M., Moggia, C.E., Retamales, J.B., Hancock, J.F., 1998. Quality of ‘Ivanhoe’ and ‘Bluecrop’ blueberry fruit transported by air and sea from Chile to North America. *HortScience* 33, 313–317.
- Bristow, P.R., Milholland, R.D., 1995. Botrytis blight. In: Caruso, F.L., Ramsdell, D.C. (Eds.), *Compendium of Blueberry and Cranberry Diseases*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, pp. 8–9.
- Cantín, C.M., Minas, I.S., Goulas, V., Jimenez, M., Manganaris, G.A., Michailides, T.J., Crisosto, C.H., 2012. Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO<sub>2</sub>-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 67, 84–91.
- Cappellini, R.A., Stretch, A.W., Maiello, J.M., 1972. Fungi associated with blueberries held at various storage times and temperatures. *Phytopathology* 62, 68–69
- Cappellini, R.A., Ceponis, M.J., 1977. Vulnerability of stem-end scars of blueberry fruits to postharvest decays. *Phytopathology* 67, 118–119.
- CASTILLO, C. 2008. *Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos*. Fundación Doñana 21. Noviembre 2008. España.
- Ceponis, M.J., Cappellini, R.A., 1979. Control of postharvest decays of blueberries fruits by precooling, fungicide, and modified atmospheres. *Plant Dis. Rep.* 63, 1049–1053.
- Ceponis, M.J., Cappellini, R.A., 1983. Control of postharvest decays of blueberries by carbon dioxide-enriched atmospheres. *Plant Dis.* 67, 169–170.
- Ceponis, M.J., Kaufman, J., Tietjen, W.H., 1973. Decays of New Jersey blueberries in marketing channels. *Plant Dis. Rep.* 57, 487–488.

- CORDANO, M. (2016). Seminario Internacional Descentralizado de Berries – Regiones 2016, Universidad Privada Antenor Orrego -Trujillo.
- Day, N.B., Skura, B.J., Powrie, W.D., 1990. Modified atmosphere packaging of blueberries: microbiological changes. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 23, 59–65
- DeLong, J.M., Prange, R.K., Bishop, C., Harrison, P.A., Ryan, D.A.J., 2003. The influence of 1-MCP on shelf life quality of highbush blueberry. *HortScience* 38, 417–418
- DUARTE, C.; GUERRA, M.; DANIEL, P.; CAMELO, A.; YOMMI, A. (2009). Quality changes of highbush blueberries fruit stored in CA with different CO<sub>2</sub> levels. *Journal of Food Science* 74: 154-159.
- ECCHER, T.; CAROTTI, E.; GIBIN, M. (2010). Controlled-atmosphere storage of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and rabbiteye blueberries (*V. ashei*). *Acta Horticulturae* 857: 373-380.
- Fan, L., Forney, C.F., Song, J., Doucette, C., Jordan, M.A., McRae, K.B., Walter, B., 2008. Effect of hot water treatments on quality of highbush blueberries. *J. Food Sci.* 73, 292–297.
- Faria, A., Oliveira, J., Neves, P., Gameiro, P., Santos-Buelga, C., De Freitas, V., Mateus, N., 2005. Antioxidant properties of prepared blueberry (*Vaccinium myrtillus*) extracts. *J. Agric. Food Chem.* 53, 6896–6902.
- Forney, C.F., Jordan, M.A., Nicholas, K.U.K.G., 2003. Effect of CO<sub>2</sub> on physical, chemical and quality changes in 'Burlington' blueberries. *Acta Hort.* 600, 587– 593
- FRANCE, A. (2012). Enfermedades de postcosecha en arándanos: reconocimiento y manejo. *Revista Frutícola, Copefrut S.A.* 3(12): 29-34.
- GARCÍA RUBIO, JC. (2010) Conservación del arándano. Serida – España.
- GODOY, C. (2004). Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Revista FCA UNCuyo* 36: 53-61.

- 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.
- Harb, J.Y., Streif, J., 2004. Controlled atmosphere storage of highbush blueberries cv. 'Duke'. *Eur. J. Hortic. Sci.* 69, S66–72.
- JARA, G. 2012. Características de los arándano cultivados en Perú. Licenciada en Ciencias Biológicas. Magister en Ciencias. Santiago-Chile.
- KADER, A.; WATKINS, C. (2000). Modified atmosphere packaging: toward 2000 and beyond. *Hort Technology* 10: 483-486.
- KADER, A. (2010). Future of modified atmosphere research. *Acta Horticulturae* 857: 213-217.
- LATORRE, B. (1999). Enfermedades de las plantas cultivadas. 646 p. 5ª edición. Editorial Alfaomega. Santiago, Chile.
- MARIA L. VRANIC, GABRIELA I. DENOYA, ESTER M. INSANI, SOFIA SUCAR, LUIS C. SANOW, LOURDES DEL CASTILLO. Trabajo desarrollado en el marco del proyecto de aplicación de tecnologías de procesamiento mínimo para mejorar la competitividad de los productos de las cadenas de valor de importancia estratégica. Centro de Investigación de Agroindustria (CIA). Instituto de Investigación de Tecnología de Alimentos. Argentina, 2012.
- MARTHA CECILIA RINCÓN SOLEDAD; CLAUDIA MARCELA BUITRAGO GUACANEME; GUSTAVO ADOLFO LIGARRETO MORENO; WALTER SMITH TORRES APONTE Y HELBERT ENRIQUE BALAGUERA LÓPEZ. Comportamiento del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) cosechado en diferentes estados de madurez y almacenado en refrigeración. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Agronomía. Bogotá, Colombia. 2012.

- Miller, W.R., McDonald, R.E., 1993. Quality of two Florida blueberry cultivars after packaging and storage. *HortScience* 28, 144–147.
- MONTERO CALDERÓN MARTA, ROJAS GRAÜ MARÍA ALEJANDRA, SOLIVA FORTUNY ROBERT, MARTÍN BELLOSO OLGA. Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas Universidad de Lleida, Departamento de Tecnología de Alimentos. 2009.
- Paniagua, A.C., East, A.R., Hindmarsh, J.P., Heyes, J.A., 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biol. Technol.* 79, 13–19.
- Prochile, 2011. Estudio de mercado arándanos en China, Abril 2011 Prochile. . revised September, 2015 [http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files\\_mf/documento\\_05\\_19\\_11112837.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files_mf/documento_05_19_11112837.pdf).
- 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.
- Retamales, J.B., Palma, M.J., Morales, Y.A., Lobos, G.A., Moggia, C.E., Mena, C.A., 2014. Blueberry production in Chile: current status and future developments. *Rev. Bras. Frutic.* 36, 58–67.
- RIVERA, A.; ZOFFOLI, J.; LATORRE, B. (2013). Infection risk and critical period for the postharvest control of gray mold (*Botrytis cinerea*) on blueberry in Chile. *Plant Disease* 97: 1069-1074.
- Rivera, S.A., Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., 2013. Determination of optimal sulfur dioxide time and concentration product for postharvest control of gray mold of blueberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 83, 40–46.
- ROSENFELD, H.; ROED, K.; HAFFNER, K.; SUNDELL, H. (1999). MAP of highbush blueberries: sensory quality in relation to storage temperature, film type and initial high oxygen atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* 16: 27-36.
- Sanford, K.A., Lidster, P.D., McRae, K.B., Jackson, E.D., Lawrence, R.A., Stark, R., Prange, R.K., 1991. Lowbush blueberry quality changes in response to

mechanical damage and storage temperature. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 47–51

Schotsmans, W., Molan, A., MacKay, B., 2007. Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. *Postharvest Biol. Technol.* 44, 277–285.

Smittle, D., Miller, W.R., 1988. Rabbiteye blueberry storage life and fruit quality in controlled atmospheres and air storage. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 113, 723–728.

SONG, Y.; KU KIM, H.; YAM, K. (1992). Respiration rate of blueberry in modified atmosphere at various temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117: 925-929.

SONG, Y.; VORSA, N.; YAM, K. (2002). Modeling respiration transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. *Journal of Food Engineering* 53: 103-109.

STÜCKRATH, R.; PETZOLD, G. 2007. Formulación de una Pasta Gelificada a partir del descarte de Arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). *Información Tecnología*, Vol 18 N° 2, pp 53-60.

Vicente, A.R., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A.L.T., Greve, L.C., Labavitch, J.M., 2007. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. 2. Analysis of blueberry (*Vaccinium* species). *J. Agric. Food Chem.* 55, 4125–4130

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.

VRANIC M. L.; DENOYA, G., INSANI, M., SUCAR, S.; SANOW, C.Y DEL CASTILLO,L. (2012) Área de Procesamiento de Alimentos, Área de Bioquímica y Nutrición y Área de Protección de Alimentos, Instituto Tecnología de Alimentos (ITA), CIA, INTA. e-mail: mlvranic@gmail.com Trabajo desarrollado en el marco del proyecto PE AETA 281711 “Tecnologías

de Procesamiento Mínimo”. Recuperado de:  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-26-  
\\_agregado\\_de\\_valor\\_a\\_arandanos\\_revielle\\_mediante\\_e.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-26-_agregado_de_valor_a_arandanos_revielle_mediante_e.pdf)

ZAMORANO, M. 2005. Determinación del grado de resistencia de aislamientos de *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. obtenidos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. y *Vaccinium Ashei* Reade.) a los fungicidas iprodiona, benomilo y captan. Tesis para el grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.

ZAPATA, LUZ; HEREDIA, ANA; MALLERET, ANTONIO; QUINTEROS, FABIO; CIVES, HUGO; CARLAZARA, GONZALO. Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos. Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Argentina 2013.

ZOFFOLI, J.; LATORRE B.; RIVERA, S.; RODRÍGUEZ, J. (2013). Antecedentes para optimizar el manejo de postcosecha de arándanos. Revista Frutícola, Copefrut S.A. 3(12): 29-37.

# **Anexo**

## A. CALCULO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

**A.1. Factor de Correlación (FC):** se calcula cuadrando el gran total y dividiendo entre el numero total de respuestas.

$$\text{Para análisis de los } ^\circ\text{Brix: FC} = (402.377)^2 / (3 \times 2 \times 7) = 3854.9$$

Donde: 3 son las condiciones atmosféricas, 2 son los tipos de tratamientos y 7 son los periodos.

**A.2. Suma de cuadrados totales (SCT):** Se calcula sumando el cuadrado total de cada calificación y restando el factor de corrección.

Para análisis de los  $^\circ\text{Brix}$ :

$$\text{SCT} = (9.80^2 + 10.10^2 + 9.98^2 + \dots + 9.50^2 + 9.10^2 + 8.89^2) - 3854.9$$

$$\text{SCT} = 6.277$$

**A.3. Suma de cuadrados para las Condiciones Atmosféricas (A):** Se calcula sumando el cuadrado del total de las condiciones atmosféricas, dividido entre el número de tratamientos y los periodos; todo menos el factor de correlación (FC).

Para análisis de los  $^\circ\text{Brix}$ :

$$A = ((134.3.93^2 + 134.009^2 + 133.975^2) / (2 \times 7)) - 3854.9$$

$$A = 0.008$$

**A.4. Suma de cuadrados para los Tratamientos con ClCa (B):** Se calcula sumando el cuadrado del total de los tratamientos, dividido entre el número de las condiciones atmosféricas y los periodos; todo menos el factor de correlación (FC).

Para análisis de los °Brix:

$$B = ((203.392^2 + 198.985^2)/(3 \times 7)) - 3854.9$$

$$B = 0.462$$

**A.5. Suma de cuadrados para la combinación (AB):** Se calcula sumando el cuadrado del total de cada interacción entre las condiciones atmosféricas y los tratamientos, dividido entre el número de periodos; todo menos el factor de correlación (FC).

Para análisis de los °Brix:

$$AB = ((67.893^2 + 67.609^2 + \dots + 66.400^2 + 66.085^2) / 7) - 3854.9$$

$$AB = 0.483$$

**A.6. Suma de cuadrados de la interacción (SCI):** Se calcula restando la suma de cuadrados de las condiciones atmosféricas (A) y tratamientos (B), de la suma de cuadrados de la combinación (AB).

Para análisis de los °Brix:

$$SCI = AB - (A + B)$$

$$SCI = 0.483 - (0.008 + 0.462)$$

$$SCI = 0.013$$

**A.7. Suma del cuadrado del error (SCE):** Se calcula restando la suma de cuadrados de las condiciones atmosféricas (A), tratamientos (B) e interacción (SCI), de la suma de cuadrados totales (SCT).

Para análisis de los °Brix:

$$SCE = SCT - (A + B + SCI)$$

$$SCE = 6.277 - (0.008 + 0.462 + 0.013)$$

$$SCE = 5.794$$

**A.8. Grados de Libertad para las condiciones atmosféricas (GLA):** Se calcula restando uno al número de condiciones atmosféricas.

Para análisis de los °Brix:

$$GLA = 3 - 1 = 2$$

**A.9. Grados de Libertad para los tratamientos (GLB):** Se calcula restando uno al número de tratamientos.

Ej. Para análisis de los °Brix:

$$GLB = 2 - 1 = 1$$

**A.10. Grados de Libertad para la interacción (GLI):** Se calcula multiplicando los grados de libertad de las condiciones atmosféricas con los grados de libertad de los tratamientos.

Para análisis de los °Brix:

$$GLI = GLA \times GLB = 2 \times 1 = 2$$

**A.11. Grados de Libertad Total (GLT):** Se calculan restando uno al numero total de respuestas.

Para análisis de los °Brix:

$$GLT = 42 - 1 = 41$$

**A.12. Grados de Libertad del error (GLE):** Se calcula restando la suma de los grados de libertad de las condiciones atmosféricas (GLA), grados de libertad de los tratamientos (GLB) y grados de libertad de las interacciones (GLI) , de los grados de libertad total (GLT).

Para análisis de los °Brix:

$$GLE = GLT - (GLA + GLB + GLI)$$

$$GLE = 41 - (2 + 1 + 2) = 36$$

**A.13. Cuadrados medios (CM):** Se calculan para cada fuente de variación y para el error, dividiendo respectivamente la suma de cuadrados entre sus grados de libertad correspondientes.

$$CM = SC / GL$$

Para análisis de los °Brix:

$$\text{Cuadrado medio de las condiciones atmosféricas (CMA): } 0.008 / 2 = 0.004$$

$$\text{Cuadrado medio de los tratamientos (CMB): } 0.462 / 1 = 0.462$$

$$\text{Cuadrado medio de las interacciones (CMI): } 0.013 / 2 = 0.007$$

$$\text{Cuadrado medio del error (CME): } 5.794 / 36 = 0.161$$

**A.14. Relación de variación (F):** Se calculan para cada fuente de variación, dividiendo respectivamente cada cuadrado medio (CM) entre el cuadrado medio del error (CME).

$$\text{Relación de variación para las cond. Atm. (FA): } 0.004 / 0.161 = 0.143$$

$$\text{Relación de variación para los tratamient. (FB): } 0.462 / 0.161 = 3.768$$

$$\text{Relación de variación para las interacciones (FI): } 0.007 / 0.161 = 0.062$$

Los valores calculados de la relación de variación (F) se comparan con los valores de la tabla: valores críticos para Ft (ver Tabla 6.1. y Tabla 6.2.). Cuando los valores calculados han sido mayores que los de tablas, se estableció que existe diferencia significativa al 5 % o al 1 %, según corresponda.

## Determinación de Vitamina C

**Tabla 7.16.**

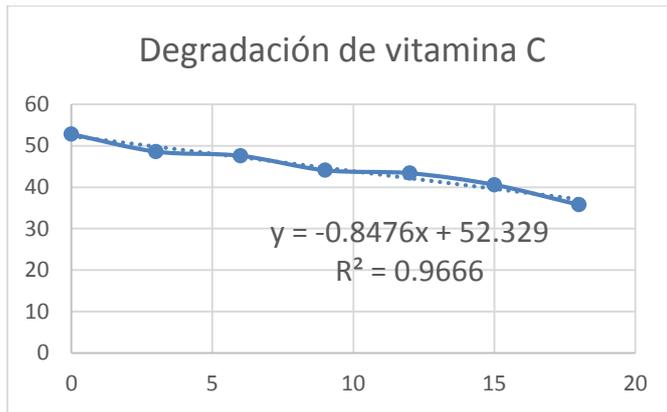
*Cálculo de Sumatorias para la evaluación de la Vitamina C*

| N     | X      | Y      | X <sup>2</sup>   | Y <sup>2</sup>   | XY     | (X-Xp) | (Y-Yp) | (X-Xp) <sup>2</sup> | (Y-Yp) <sup>2</sup> | (X-Xp)(Y-Yp) |
|-------|--------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------------|
|       | Tiempo | mg/mL  |                  |                  |        |        |        |                     |                     |              |
| 1     | 0      | 52.80  | 0                | 2787.8           | 0.0    | -9     | 8.10   | 81.00               | 65.61               | -72.90       |
| 2     | 3      | 48.60  | 9                | 2362.0           | 145.8  | -6     | 3.90   | 36.00               | 15.21               | -23.40       |
| 3     | 6      | 47.60  | 36               | 2265.8           | 285.6  | -3     | 2.90   | 9.00                | 8.41                | -8.70        |
| 4     | 9      | 44.10  | 81               | 1944.8           | 396.9  | 0      | -0.60  | 0.00                | 0.36                | 0.00         |
| 5     | 12     | 43.40  | 144              | 1883.6           | 520.8  | 3      | -1.30  | 9.00                | 1.69                | -3.90        |
| 6     | 15     | 40.60  | 225              | 1648.4           | 609.0  | 6      | -4.10  | 36.00               | 16.81               | -24.60       |
| 7     | 18     | 35.80  | 324              | 1281.6           | 644.4  | 9      | -8.90  | 81.00               | 79.21               | -80.10       |
| Σ     | 63     | 312.90 | 819              | 14174            | 2602.5 | 0      | 0.00   | 252.00              | 187.30              | -213.6       |
| Prom. | 9      | 44.70  | Σ X <sup>2</sup> | Σ Y <sup>3</sup> | Σ XY   |        |        | Sxx                 | Syy                 | Sxy          |

Fuente: Resultados de la evaluación sensorial.

a. Se determinó los datos de regresión  $b_0$  y  $b_1$  (coeficiente y pendiente)

| Tiempo (días) | mg de Vitamina C/mL |
|---------------|---------------------|
| 0             | 52.8                |
| 3             | 48.6                |
| 6             | 47.6                |
| 9             | 44.1                |
| 12            | 43.4                |
| 15            | 40.6                |
| 18            | 35.8                |



Regresión Lineal

Intercepto: 52.329 ( $b_0$ )

Pendiente: -0.8476 ( $b_1$ )

$R^2 = 0.9666$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X \quad \dots (5)$$

$\hat{Y} = Y$  estimado dado un X dado.

**7. Lugo los datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| DATOS | DATOS | DATOS                  | ERROR               |                       |
|-------|-------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| EXP.  | EXP.  | AJUSTADOS              | EXP.                |                       |
| X     | Y     | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$     | $(Y - \hat{Y})^2$     |
| $X_1$ | $Y_1$ | $\hat{Y}_1$            | $(Y_1 - \hat{Y}_1)$ | $(Y_1 - \hat{Y}_1)^2$ |
| :     | :     | :                      | :                   | :                     |
| :     | :     | :                      | :                   | :                     |
| $X_n$ | $Y_n$ | $\hat{Y}_n$            | $(Y_n - \hat{Y}_n)$ | $(Y_n - \hat{Y}_n)^2$ |

$$S_{Se} = \sum (Y - \hat{Y})^2 \dots (6)$$

Donde:

S<sub>Se</sub> = Sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

**Tabla 7.17. Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$       | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | 0      | 52.80   | 52.33                  | 0.47                  | 0.22              |
| 2 | 3      | 48.60   | 49.79                  | -1.19                 | 1.41              |
| 3 | 6      | 47.60   | 47.24                  | 0.36                  | 0.13              |
| 4 | 9      | 44.10   | 44.70                  | -0.60                 | 0.36              |
| 5 | 12     | 43.40   | 42.16                  | 1.24                  | 1.54              |
| 6 | 15     | 40.60   | 39.62                  | 0.98                  | 0.97              |
| 7 | 18     | 35.80   | 37.07                  | -1.27                 | 1.62              |
|   |        |         |                        | <b>S<sub>Se</sub></b> | <b>6.249</b>      |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

**b. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(n-2)} S_{Se}}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (6.249)}$$

$$MSe = S = 1.118$$

**c. Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 35 mg/mL

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\hat{X} = 20.445 = 20 \text{ días}$$

**10. Se determinó los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

Los intervalos de líneas rectas han sido consideradas por Acten (1957) Folks and Antle (1967), Dunn (1968) y Otros. Para obtener  $(1-\alpha)$  100 % nivel de confianza de los intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1X \pm S d\alpha \left[ \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{S_{XY}}} \right]$$

Donde  $d\alpha$  se encuentra en la Tabla A 7.3.; y  $|X - \bar{X}|$  significa que la diferencia de  $(X - \bar{X})$  es siempre positivo.

**Tabla A 7.3. Tabla resumida para valores de  $d\alpha$**

| n-2 | A    |      |
|-----|------|------|
|     | 0.05 | 0.01 |
| 4   | 3.38 | 2.66 |
| 6   | 2.92 | 2.39 |
| 8   | 2.72 | 2.26 |
| 10  | 2.61 | 2.19 |
| 12  | 2.54 | 2.15 |
| 14  | 2.49 | 2.12 |
| 16  | 2.46 | 2.10 |
| 20  | 2.41 | 2.07 |
| 24  | 2.38 | 2.05 |
| 30  | 2.35 | 2.03 |
| 40  | 2.32 | 2.01 |
| 50  | 2.30 | 1.99 |

Fuente: Bowden y Graybill. 1966.

$$b_0 + b_1X \pm S d\alpha \left[ \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{S_{xx}}} \right]$$

$$LCI = b_0 + b_1X + S d\alpha \left[ \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{S_{xx}}} \right]$$

$$LCS = b_0 + b_1X - S d\alpha \left[ \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{S_{xx}}} \right]$$

Donde:

$d\alpha$  : dato de tabla

$\bar{X}$  : Promedio de los tiempos

Entonces:

**Tabla 7.18. Límites de confianza para una regresión lineal  
del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 52.80          | 52.33                  | 55.66      | 49.00      |
| 3             | 48.60          | 49.79                  | 52.45      | 47.12      |
| 6             | 47.60          | 47.24                  | 49.24      | 45.25      |
| 9             | 44.10          | 44.70                  | 46.03      | 43.37      |
| 12            | 43.40          | 42.16                  | 44.15      | 40.16      |
| 15            | 40.60          | 39.62                  | 42.28      | 36.95      |
| 18            | 35.80          | 37.07                  | 40.40      | 33.74      |

Fuente: Datos experimentales.

### **ATRIBUTO: SABOR**

A continuación se muestra paso a paso, el procedimiento utilizado para cada uno de los atributos. Tomaremos el procedimiento para el Sabor.

**Tabla A 7.1. Calculo de Sumatorias usando las ecuaciones anteriores**

| <b>n</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | <b>X<sup>2</sup></b> | <b>Y<sup>2</sup></b> | <b>XY</b> | <b>(X-Xp)</b> | <b>(Y-Yp)</b> | <b>(X-Xp)<sup>2</sup></b> | <b>(Y-Yp)<sup>2</sup></b> | <b>(X-Xp)(Y-Yp)</b> |
|----------|---------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------|---------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1        | 0             | 7.00           | 0.00                 | 49.00                | 0.00      | -9.00         | 1.42          | 81.00                     | 2.03                      | -12.81              |
| 2        | 3             | 7.00           | 9.00                 | 49.00                | 21.00     | -6.00         | 1.42          | 36.00                     | 2.03                      | -8.54               |

|              |    |         |              |              |             |       |       |            |            |            |
|--------------|----|---------|--------------|--------------|-------------|-------|-------|------------|------------|------------|
| 3            | 6  | 6.00    | 36.00        | 36.00        | 36.00       | -3.00 | 0.42  | 9.00       | 0.18       | -1.27      |
| 4            | 9  | 5.75    | 81.00        | 33.06        | 51.75       | 0.00  | 0.17  | 0.00       | 0.03       | 0.00       |
| 5            | 12 | 5.00    | 144.00       | 25.00        | 60.00       | 3.00  | -0.58 | 9.00       | 0.33       | -1.73      |
| 6            | 15 | 4.29    | 225.00       | 18.37        | 64.29       | 6.00  | -1.29 | 36.00      | 1.67       | -7.74      |
| 7            | 18 | 4.00    | 324.00       | 16.00        | 72.00       | 9.00  | -1.58 | 81.00      | 2.49       | -14.19     |
| $\Sigma$     | 63 | 39.04   | 819.00       | 226.43       | 305.04      | 0.00  | 0.00  | 252.00     | 8.75       | -46.29     |
| <b>Prom.</b> | 9  | 5.57653 | $\Sigma X^2$ | $\Sigma Y^3$ | $\Sigma XY$ |       |       | <b>Sxx</b> | <b>Syy</b> | <b>Sxy</b> |

Fuente: Resultados de la evaluación sensorial.

## 6. Se determinó los datos de regresión $b_0$ y $b_1$ (coeficiente y pendiente)

Regresión Lineal

Intercepto: 7.2296 ( $b_0$ )

Pendiente: -0.139 ( $b_1$ )

$R^2 = 0.972$

**Tabla A 7.2. Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.230                  | -0.230          | 0.053             |

|   |    |      |       |            |              |
|---|----|------|-------|------------|--------------|
| 2 | 3  | 7.00 | 6.679 | 0.322      | 0.103        |
| 3 | 6  | 6.00 | 6.127 | -0.127     | 0.016        |
| 4 | 9  | 5.75 | 5.576 | 0.174      | 0.030        |
| 5 | 12 | 5.00 | 5.025 | -0.025     | 0.001        |
| 6 | 15 | 4.29 | 4.474 | -0.188     | 0.035        |
| 7 | 18 | 4.00 | 3.923 | 0.077      | 0.006        |
|   |    |      |       | <b>SSe</b> | <b>0.245</b> |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

### 8. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = \frac{1}{(n-2)} SSe = Se^2$$

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe} \dots (7)$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.245)}$$

$$MSe = S = 0.221$$

### 9. Luego se determinó la vida útil:

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{5 - 7.2296}{-0.139}$$

$$\hat{X} = 16 \text{ días}$$

**Tabla A 7.4. Límites de confianza para una regresión lineal**

**del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | <b><math>\hat{Y} = b_0 + b_1X</math></b> | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|--|------------|------------|
| 0             | 7.00           | 7.230                                    | 7.888      | 6.571      |
| 3             | 7.00           | 6.679                                    | 7.205      | 6.152      |
| 6             | 6.00           | 6.127                                    | 6.522      | 5.732      |
| 9             | 5.75           | 5.576                                    | 5.840      | 5.313      |
| 12            | 5.00           | 5.025                                    | 5.420      | 4.630      |
| 15            | 4.29           | 4.474                                    | 5.001      | 3.948      |
| 18            | 4.00           | 3.923                                    | 4.581      | 3.265      |

Fuente: Datos experimentales.

LCI : Límite de confianza inferior.

LCS: Límite de confianza superior.

**ATRIBUTO: COLOR**

**Tabla A 7.5. Cálculo de Sumatorias para la evaluación del Color**

| n     | Tiempo | Puntaje | X <sup>2</sup>   | Y <sup>2</sup>   | XY     | (X-Xp) | (Y-Yp) | (X-Xp) <sup>2</sup> | (Y-Yp) <sup>2</sup> | (X-Xp) (Y-Yp) |
|-------|--------|---------|------------------|------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|---------------|
| 1     | 0      | 7.00    | 0                | 49.00            | 0.00   | -9.00  | 1.14   | 81.00               | 1.31                | -10.29        |
| 2     | 3      | 7.00    | 9                | 49.00            | 21.00  | -6.00  | 1.14   | 36.00               | 1.31                | -6.86         |
| 3     | 6      | 6.63    | 36               | 43.89            | 39.75  | -3.00  | 0.77   | 9.00                | 0.59                | -2.30         |
| 4     | 9      | 5.88    | 81               | 34.52            | 52.88  | 0.00   | 0.02   | 0.00                | 0.00                | 0.00          |
| 5     | 12     | 5.00    | 144              | 25.00            | 60.00  | 3.00   | -0.86  | 9.00                | 0.73                | -2.57         |
| 6     | 15     | 4.75    | 225              | 22.56            | 71.25  | 6.00   | -1.11  | 36.00               | 1.23                | -6.64         |
| 7     | 18     | 4.75    | 324              | 22.56            | 85.50  | 9.00   | -1.11  | 81.00               | 1.23                | -9.96         |
| Σ     | 63     | 41.00   | 819              | 246.53           | 330.38 | 0.00   | 0.00   | 252.00              | 6.39                | -38.63        |
| Prom. | 9      | 5.85714 | Σ X <sup>2</sup> | Σ Y <sup>3</sup> | Σ XY   |        |        | Sxx                 | Syy                 | Sxy           |

Fuente: Resultados de la evaluación sensorial.

**a. Se determinó los datos de regresión b<sub>0</sub> y b<sub>1</sub> (coeficiente y pendiente)**

Regresión Lineal

Intercepto: 7.2366 (b<sub>0</sub>)

Pendiente: -0.134 (b<sub>1</sub>)

R<sup>2</sup> = 0.9267

**Tabla A 7.5. Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| <b>n</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|----------|---------------|----------------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1        | 0             | 7.00           | 7.237                  | -0.237          | 0.056             |
| 2        | 3             | 7.00           | 6.777                  | 0.223           | 0.050             |
| 3        | 6             | 6.63           | 6.317                  | 0.308           | 0.095             |
| 4        | 9             | 5.88           | 5.857                  | 0.018           | 0.000             |
| 5        | 12            | 5.00           | 5.397                  | -0.397          | 0.158             |
| 6        | 15            | 4.75           | 4.937                  | -0.187          | 0.035             |
| 7        | 18            | 4.75           | 4.477                  | 0.273           | 0.074             |
|          |               |                |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.468</b>      |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

**b. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.468)}$$

$$MSe = S = 0.306$$

c. Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\hat{X} = 17 \text{ días}$$

**Tabla A 7.6. Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 7.00           | 7.237                  | 8.147      | 6.326      |
| 3             | 7.00           | 6.777                  | 7.505      | 6.048      |
| 6             | 6.63           | 6.317                  | 6.863      | 5.770      |
| 9             | 5.88           | 5.857                  | 6.221      | 5.493      |
| 12            | 5.00           | 5.397                  | 5.943      | 4.851      |
| 15            | 4.75           | 4.937                  | 5.666      | 4.208      |
| 18            | 4.75           | 4.477                  | 5.388      | 3.566      |

Fuente: Datos experimentales.

**ATRIBUTO: OLOR**

**Tabla A 7.7. Cálculo de Sumatorias para la evaluación del Olor**

| N     | Tiempo | Puntaje | X <sup>2</sup>   | Y <sup>2</sup>   | XY     | (X-Xp) | (Y-Yp) | (X-Xp) <sup>2</sup> | (Y-Yp) <sup>2</sup> | (X-Xp)(Y-Yp) |
|-------|--------|---------|------------------|------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------------|
| 1     | 0      | 7.00    | 0                | 49.00            | 0.00   | -9.00  | 1.34   | 81.00               | 1.79                | -12.05       |
| 2     | 3      | 7.00    | 9                | 49.00            | 21.00  | -6.00  | 1.34   | 36.00               | 1.79                | -8.04        |
| 3     | 6      | 6.00    | 36               | 36.00            | 36.00  | -3.00  | 0.34   | 9.00                | 0.12                | -1.02        |
| 4     | 9      | 5.88    | 81               | 34.52            | 52.88  | 0.00   | 0.21   | 0.00                | 0.05                | 0.00         |
| 5     | 12     | 5.00    | 144              | 25.00            | 60.00  | 3.00   | -0.66  | 9.00                | 0.44                | -1.98        |
| 6     | 15     | 4.88    | 225              | 23.77            | 73.13  | 6.00   | -0.79  | 36.00               | 0.62                | -4.71        |
| 7     | 18     | 3.88    | 324              | 15.02            | 69.75  | 9.00   | -1.79  | 81.00               | 3.19                | -16.07       |
| Σ     | 63     | 39.63   | 819              | 232.30           | 312.75 | 0.00   | 0.00   | 252.00              | 7.99                | -43.88       |
| Prom. | 9      | 5.66    | Σ X <sup>2</sup> | Σ Y <sup>3</sup> | Σ XY   |        |        | Sxx                 | Syy                 | Sxy          |

Fuente: Resultados de la evaluación sensorial.

**a. Se determinó los datos de regresión b<sub>0</sub> y b<sub>1</sub> (coeficiente y pendiente)**

Regresión Lineal

Intercepto: 7.2277 (b<sub>0</sub>)

Pendiente: -0.131 (b<sub>1</sub>)

R<sup>2</sup> = 0.9559

**Tabla A 7.8. Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| <b>n</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|----------|---------------|----------------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1        | 0             | 7.00           | 7.228                  | -0.228          | 0.052             |
| 2        | 3             | 7.00           | 6.705                  | 0.295           | 0.087             |
| 3        | 6             | 6.00           | 6.183                  | -0.183          | 0.034             |
| 4        | 9             | 5.88           | 5.661                  | 0.214           | 0.046             |
| 5        | 12            | 5.00           | 5.139                  | -0.139          | 0.019             |
| 6        | 15            | 4.88           | 4.616                  | 0.259           | 0.067             |
| 7        | 18            | 3.88           | 4.094                  | -0.219          | 0.048             |
|          |               |                |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.352</b>      |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

**b. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.352)}$$

$$MSe = S = 0.265$$

**c. Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\hat{X} = 17 \text{ días}$$

**Tabla A 7.9. Límites de confianza para una regresión lineal  
del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 7.00           | 7.228                  | 8.018      | 6.438      |
| 3             | 7.00           | 6.705                  | 7.337      | 6.073      |
| 6             | 6.00           | 6.183                  | 6.657      | 5.709      |
| 9             | 5.88           | 5.661                  | 5.977      | 5.345      |
| 12            | 5.00           | 5.139                  | 5.612      | 4.665      |
| 15            | 4.88           | 4.616                  | 5.248      | 3.984      |
| 18            | 3.88           | 4.094                  | 4.884      | 3.304      |

Fuente: Datos experimentales.

## ATRIBUTO: TEXTURA

**Tabla 7.13. Cálculo de Sumatorias para la evaluación de la Textura**

| N     | Tiempo | Puntaje | X <sup>2</sup>   | Y <sup>2</sup>   | XY     | (X-Xp) | (Y-Yp) | (X-Xp) <sup>2</sup> | (Y-Yp) <sup>2</sup> | (X-Xp)(Y-Yp) |
|-------|--------|---------|------------------|------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------------|
| 1     | 0      | 7.00    | 0                | 49.00            | 0.00   | -9.00  | 1.05   | 81.00               | 1.11                | -9.48        |
| 2     | 3      | 7.00    | 9                | 49.00            | 21.00  | -6.00  | 1.05   | 36.00               | 1.11                | -6.32        |
| 3     | 6      | 6.63    | 36               | 43.89            | 39.75  | -3.00  | 0.68   | 9.00                | 0.46                | -2.04        |
| 4     | 9      | 6.00    | 81               | 36.00            | 54.00  | 0.00   | 0.05   | 0.00                | 0.00                | 0.00         |
| 5     | 12     | 5.63    | 144              | 31.64            | 67.50  | 3.00   | -0.32  | 9.00                | 0.10                | -0.96        |
| 6     | 15     | 5.38    | 225              | 28.89            | 80.63  | 6.00   | -0.57  | 36.00               | 0.33                | -3.43        |
| 7     | 18     | 4.00    | 324              | 16.00            | 72.00  | 9.00   | -1.95  | 81.00               | 3.79                | -17.52       |
| Σ     | 63     | 41.63   | 819              | 254.42           | 334.88 | 0.00   | 0.00   | 252.00              | 6.90                | -39.75       |
| Prom. | 9      | 6.14    | Σ X <sup>2</sup> | Σ Y <sup>3</sup> | Σ XY   |        |        | Sxx                 | Syy                 | Sxy          |

Fuente: Resultados de la evaluación sensorial.

### a. Se determinó los datos de regresión $b_0$ y $b_1$ (coeficiente y pendiente)

Regresión Lineal

Intercepto: 7.3661 ( $b_0$ )

Pendiente: -0.135 ( $b_1$ )

$R^2 = 0.9085$

**Tabla 7.14. Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.37                   | -0.37           | 0.13              |
| 2 | 3      | 7.00    | 6.89                   | 0.11            | 0.01              |
| 3 | 6      | 6.63    | 6.42                   | 0.21            | 0.04              |
| 4 | 9      | 6.00    | 5.95                   | 0.05            | 0.00              |
| 5 | 12     | 5.63    | 5.47                   | 0.15            | 0.02              |
| 6 | 15     | 5.38    | 5.00                   | 0.37            | 0.14              |
| 7 | 18     | 4.00    | 4.53                   | -0.53           | 0.28              |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.632</b>      |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

**b. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.632)}$$

$$MSe = S = 0.355$$

**c. Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\hat{X} = 17 \text{ días}$$

**Tabla 7.15. Límites de confianza para una regresión lineal del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 7.00           | 7.37                   | 8.42       | 6.31       |
| 3             | 7.00           | 6.89                   | 7.74       | 6.05       |
| 6             | 6.63           | 6.42                   | 7.05       | 5.79       |
| 9             | 6.00           | 5.95                   | 6.37       | 5.52       |
| 12            | 5.63           | 5.47                   | 6.11       | 4.84       |
| 15            | 5.38           | 5.00                   | 5.85       | 4.15       |
| 18            | 4.00           | 4.53                   | 5.59       | 3.47       |

Fuente: Datos experimentales.

## ATRIBUTO: APARIENCIA GENERAL

**Tabla A 7.10. Cálculo de Sumatorias para la evaluación de la Apariencia General**

| N     | Tiempo | Puntaje | X <sup>2</sup>   | Y <sup>2</sup>   | XY     | (X-Xp) | (Y-Yp) | (X-Xp) <sup>2</sup> | (Y-Yp) <sup>2</sup> | (X-Xp)(Y-Yp) |
|-------|--------|---------|------------------|------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------------|
| 1     | 0      | 7.00    | 0                | 49.00            | 0.00   | -9.00  | 0.86   | 81.00               | 0.73                | -7.71        |
| 2     | 3      | 7.00    | 9                | 49.00            | 21.00  | -6.00  | 0.86   | 36.00               | 0.73                | -5.14        |
| 3     | 6      | 7.00    | 36               | 49.00            | 42.00  | -3.00  | 0.86   | 9.00                | 0.73                | -2.57        |
| 4     | 9      | 6.13    | 81               | 37.52            | 55.13  | 0.00   | -0.02  | 0.00                | 0.00                | 0.00         |
| 5     | 12     | 5.50    | 144              | 30.25            | 66.00  | 3.00   | -0.64  | 9.00                | 0.41                | -1.93        |
| 6     | 15     | 5.38    | 225              | 28.89            | 80.63  | 6.00   | -0.77  | 36.00               | 0.59                | -4.61        |
| 7     | 18     | 5.00    | 324              | 25.00            | 90.00  | 9.00   | -1.14  | 81.00               | 1.31                | -10.29       |
| Σ     | 63     | 43.00   | 819              | 268.66           | 354.75 | 0.00   | 0.00   | 252.00              | 4.51                | -32.25       |
| Prom. | 9      | 6.14    | Σ X <sup>2</sup> | Σ Y <sup>3</sup> | Σ XY   |        |        | Sxx                 | Syy                 | Sxy          |

Fuente: Resultados de la evaluación sensorial.

**a. Se determinó los datos de regresión  $b_0$  y  $b_1$  (coeficiente y pendiente)**

Regresión Lineal

Intercepto: 7.2946 ( $b_0$ )

Pendiente: -0.125 ( $b_1$ )

$R^2 = 0.9144$

**Tabla A 7.11. Datos experimentales de Y en f(x) con la ecuación (5).**

| n | Tiempo | Puntaje | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | $(Y - \hat{Y})$ | $(Y - \hat{Y})^2$ |
|---|--------|---------|------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0      | 7.00    | 7.295                  | -0.295          | 0.087             |
| 2 | 3      | 7.00    | 6.911                  | 0.089           | 0.008             |
| 3 | 6      | 7.00    | 6.527                  | 0.473           | 0.224             |
| 4 | 9      | 6.13    | 6.143                  | -0.018          | 0.000             |
| 5 | 12     | 5.50    | 5.759                  | -0.259          | 0.067             |
| 6 | 15     | 5.38    | 5.375                  | 0.000           | 0.000             |
| 7 | 18     | 5.00    | 4.991                  | 0.009           | 0.000             |
|   |        |         |                        | <b>SSe</b>      | <b>0.386</b>      |

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias.

**b. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)**

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(7-2)} (0.386)}$$

$$MSe = S = 0.278$$

**c. Se determinó la vida útil y los límites de confianza:**

Límite de Aceptabilidad = 5

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\hat{X} = 18 \text{ días}$$

**Tabla A 7.12. Límites de confianza para una regresión lineal  
del estimado  $b_0 + b_1X$ .**

| <b>Tiempo</b> | <b>Puntaje</b> | $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ | <b>LCI</b> | <b>LCS</b> |
|---------------|----------------|------------------------|------------|------------|
| 0             | 7.00           | 7.295                  | 8.122      | 6.467      |
| 3             | 7.00           | 6.911                  | 7.572      | 6.249      |
| 6             | 7.00           | 6.527                  | 7.023      | 6.030      |
| 9             | 6.13           | 6.143                  | 6.473      | 5.812      |
| 12            | 5.50           | 5.759                  | 6.255      | 5.262      |
| 15            | 5.38           | 5.375                  | 6.036      | 4.713      |
| 18            | 5.00           | 4.991                  | 5.818      | 4.163      |

Fuente: Datos experimentales.



**Figura 3.2.**  
*Envasado del arándano en atmosfera modificada*



**Figura 3.3.**  
*Almacenamiento del arándano en atmosfera modificada*



**Figura 3.4.**  
*Envasado del arándano en atmosfera modificada adicionando CO<sub>2</sub>*



**Figura 3.5.**  
*Envasado del arándano en atmosfera modificada adedicion del CO<sub>2</sub>*