



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E

INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE

INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“Efecto de la concentración de ozono y tiempo de contacto sobre la vida útil
del arándano (*Vaccinium myrtillus*) fresco”.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

AUTORA:

Bach. Ubillus Guivar Esthefany Lizaih.

ASESOR:

Dr. Ángel Wilson Mercado Seminario

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019

**“Efecto de la concentración de ozono y tiempo de contacto sobre la vida útil
del arándano (*Vaccinium myrtillus*) fresco”.**

ELABORADO POR:

Bach. Ubillus Guivar Esthefany Lizaih.

APROBADO POR:

Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán

PRESIDENTE

M.SC. Doyle Benel Fernández

SECRETARIO

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe

VOCAL

ASESORADO POR:

Dr. Ángel Wilson Mercado Seminario

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres y hermana, quienes me acompañaron y estuvieron presentes en todo momento dándome la fuerza necesaria para seguir avanzando.

José Luis Ubillus por enseñarme el significado de integridad y humildad como persona, sus consejos y ejemplo han sido muy valiosos.

A Socorro Guivar por mostrarme a diario lo que es ser una mujer independiente, capaz de salir adelante a base de esfuerzo.

A mi hermana Lourdes Ubillus, ejemplo íntegro de amistad y ese apoyo incondicional en los momentos más complicados.

AGRADECIMIENTO

Poner en primer lugar siempre, como en todo lo realizado en mi vida a Dios, agradeciendo a él la fuerza en cada día de vida obsequiado.

A mi alma mater Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, fuente de aprendizaje y valores que son la clave para nuestro desarrollo profesional, llegando a lograr nuestros objetivos.

A mi asesor, el Ing. Ángel Wilson Mercado Seminario por su guía y apoyo habiendo compartido sus conocimientos en esta etapa tan importante.

Expresar mi gratitud al Ing. Manuel Maco, por el esfuerzo brindado, dedicación, motivación y confianza puesta en mí que fue constante para la realización de esta meta.

Al Msc. Aníbal Alcántara, ya que su apoyo, conocimiento y respaldo fue clave para la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pag.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Ozono.....	1
1.1.1. Características físico químicas del ozono.....	2
1.1.2. Usos de ozono en alimentos.....	4
1.1.3. Mecanismos de acción del ozono sobre microorganismos.....	6
1.2. Vida útil.....	8
1.2.1. Características del deterioro de los alimentos.....	9
1.2.2. Factores que afectan la vida útil de un alimento.....	13
1.2.3. Medición de la vida útil.....	14
1.2.4. Parámetros que indican el final de la vida útil.....	16
1.2.5. Aceptabilidad General.....	17
1.2.6. Textura.....	19
1.3. El arándano.....	21
1.3.1. Morfología del arándano.....	22
1.3.2. Clasificación taxonómica del arándano.....	23
1.3.3. Propiedades nutricionales del arándano.....	23

1.3.4.	Exportación de arándanos en el Perú.....	26
1.4.	Productos frescos y su almacenamiento.....	27
1.5.	Refrigeración de alimentos.....	29
1.5.1.	Importancia de la refrigeración.....	29
1.5.2.	Factores que afectan la refrigeración.....	30
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1.	Lugar de ejecución.....	31
2.2.	Población y muestra.....	31
2.2.1.	Población:	31
2.2.2.	Muestra:.....	31
2.3.	Variables.....	31
2.3.1.	Variables independientes:	31
2.3.2.	Variable dependiente:	31
2.4.	Materiales y equipos.....	32
2.4.1.	Materias Primas:.....	32
2.4.2.	Materiales:.....	32
2.4.3.	Reactivos:.....	32
2.4.4.	Equipos:.....	32
2.5.	Metodología.....	33
2.5.1.	Diagrama de flujo.....	34
2.5.2.	Métodos de análisis.....	36
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
3.1.	Evaluación de textura.....	39
3.1.1.	Prueba de supuestos para análisis de varianzas.....	41
3.1.2.	Análisis de varianza para la textura.....	42
3.2.	Evaluación de aceptabilidad general.....	46
3.2.1.	Prueba de Friedman.....	48

3.2.2.	Prueba de Wilcoxon.....	56
3.3.	Evaluación para vida útil:	59
3.3.1.	Evaluación para Textura:.....	59
3.3.2.	Evaluación para aceptabilidad general:	61
4.	CONCLUSIONES.....	64
5.	RECOMENDACIONES.	65
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	66
7.	ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades físicas del ozono.....	2
Tabla 2 Aplicación de ozono en frutas.....	5
Tabla 3 Patógenos que elimina el ozono.....	7
Tabla 4 Clasificación de cambios indeseables que ocurren en los alimentos.....	10
Tabla 5 Causa y efecto del deterioro en alimentos.....	12
Tabla 6 Clasificación taxonómica del arándano.....	23
Tabla 7 Composición nutricional del arándano.....	25
Tabla 8 Principales países exportadores de arándano.....	27
Tabla 9 Escala hedónica de 9 puntos.....	37
Tabla 10 Análisis de promedios para la determinación de textura.....	39
Tabla 11 Análisis desviación estándar para la determinación de textura.....	40
Tabla 12 Pruebas de Levene y Anderson-Darling.....	41
Tabla 13. Análisis bifactorial.....	42
Tabla 14 Análisis de varianza.....	43
Tabla 16 Análisis de promedio para la determinación de aceptabilidad general.....	46
Tabla 17 Analisis de moda para la determinación de aceptabilidad general.....	47
Tabla 18 Prueba de Friedman - días 0.....	48
Tabla 19 Prueba de Friedman - días 5.....	49
Tabla 20 Prueba de Friedman - días 10.....	50
Tabla 21 Prueba de Friedman - días 15.....	51
Tabla 22 Prueba de Friedman - días 20.....	52
Tabla 23 Prueba de Friedman - días 25.....	53

Tabla 24 Prueba de Friedman - días 30.	54
Tabla 25 Prueba de Friedman - días 35.	55
Tabla 26 Prueba de Wilcoxon – días 5.	56
Tabla 27 Prueba de Wilcoxon - días 20.	57
Tabla 28 Prueba de Wilcoxon - días 35.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Composición química del ozono.....	1
<i>Figura 2.</i> Vida útil del arándano.....	8
<i>Figura 3.</i> Factores en la vida útil de un alimento	13
<i>Figura 4.</i> Proceso de aceptabilidad general de un alimento	19
<i>Figura 5.</i> Diagrama de flujo del proceso de ozonificación	34
<i>Figura 6.</i> Cuadro resumen de la textura en el arándano fresco	60
<i>Figura 7.</i> Resumen de las modas en la aceptabilidad general	62
<i>Figura 8:</i> Recepción de materia prima.	75
<i>Figura 9:</i> Selección de materia prima.	75
<i>Figura 10:</i> Pesado de materia prima.....	76
<i>Figura 11:</i> Acopio de materia prima.	76
<i>Figura 12:</i> Inyección de ozono.....	77
<i>Figura 13:</i> Almacenamiento de materia prima.....	77
<i>Figura 14:</i> Formato de análisis de aceptabilidad general.....	78
<i>Figura 15:</i> Evaluación sensorial - individuo 1.	79
<i>Figura 16:</i> Evaluación sensorial - individuo 2.	79
<i>Figura 17:</i> Evaluación sensorial - individuo 3.	80
<i>Figura 18:</i> Evaluación sensorial - individuo 4.	80
<i>Figura 19:</i> Datos de aceptabilidad general - Día 0.....	81
<i>Figura 20:</i> Datos de aceptabilidad general - día 5.....	82
<i>Figura 21:</i> Datos de aceptabilidad general - día 10.....	83
<i>Figura 22:</i> Datos de aceptabilidad general - día 15.....	84

<i>Figura 23:</i> Datos de aceptabilidad general - día 20.....	85
<i>Figura 24:</i> Datos de aceptabilidad general - día 25.....	86
<i>Figura 25:</i> Datos de aceptabilidad general - día 30.....	87
<i>Figura 26:</i> Datos de aceptabilidad general - día 35.....	88
<i>Figura 27:</i> Datos de análisis de textura - Día 0.....	89
<i>Figura 28:</i> Datos de análisis de textura - Día 5.....	90
<i>Figura 29:</i> Datos de análisis de textura - Día 10.....	91
<i>Figura 30:</i> Datos de análisis de textura - Día 15.....	92
<i>Figura 31:</i> Datos de análisis de textura - Día 20.....	93
<i>Figura 32:</i> Datos de análisis de textura - Día 25.....	94
<i>Figura 33:</i> Datos de análisis de textura - Día 30.....	95
<i>Figura 34:</i> Datos de análisis de textura - Día 35.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recepción de materia prima.....	75
Anexo 2. Selección de materia prima.....	75
Anexo 3. Pesado de materia prima.....	76
Anexo 4. Acopio de materia prima.....	76
Anexo 5. Inyección de ozono.....	77
Anexo 6. Almacenamiento de materia prima.....	77
Anexo 7. Formato para análisis de aceptabilidad general.....	78
Anexo 8. Proceso de evaluación sensorial - individuo 1.....	79
Anexo 9. Proceso de evaluación sensorial - individuo 2.....	79
Anexo 10. Proceso de evaluación sensorial - individuo 3.....	80
Anexo 11. Proceso de evaluación sensorial - individuo 4.....	80
Anexo 12. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 0.....	81
Anexo 13. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 5.....	82
Anexo 14. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 10.....	83
Anexo 15. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 15.....	84
Anexo 16. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 20.....	85
Anexo 17. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 25.....	86
Anexo 18. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 30.....	87
Anexo 19. Datos de análisis de aceptabilidad general - Día 35.....	88
Anexo 20. Datos de análisis de textura - Día 0.....	89
Anexo 21. Datos de análisis de textura - Día 5.....	90
Anexo 22. Datos de análisis de textura - Día 10.....	91

Anexo 23. Datos de análisis de textura - Día 15.....	92
Anexo 24. Datos de análisis de textura - Día 20.....	93
Anexo 25. Datos de análisis de textura - Día 25.....	94
Anexo 26. Datos de análisis de textura - Día 30.....	95
Anexo 27. Datos de análisis de textura - Día 35.....	96

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general determinar la concentración óptima de ozono y tiempo de contacto para aumentar el tiempo de vida útil en arándanos frescos, se busca la mejora en el proceso de acondicionamiento, con la finalidad de eliminar agentes externos que disminuyan la calidad del producto en el transcurso de llegada al país de destino. Se procedió a probar 3 concentraciones de ozono (1, 3 y 5 ppm) y los siguientes tiempos de contacto (1, 3 y 5 minutos), en cámara artesanal de inyección. Cada tratamiento fue realizado de manera independiente con las mismas condiciones de temperatura de refrigeración. El producto fue colocado en clamshell y colocados en cámara de refrigeración a temperatura 3 a 5 °C, evaluando la textura instrumental del producto y tiempo de vida útil sensorial en 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 días) cada una de estos tratamientos con 3 repeticiones. Para la evaluación de la textura instrumental se utilizó un penetrometro marca Warning serial #FR-5120 sensibilidad 20 kg x 0,01 kg el análisis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Levene y Anderson-Darling, respectivamente; posteriormente al cumplirse estos supuestos se realizó las pruebas paramétricas de análisis de varianza determinándose el ANOVA. Para aceptabilidad general se realizó las pruebas no-paramétricas de Friedman y Wilcoxon. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95 %. Para procesar los datos se utilizó el software Minitab 18.0. Finalizados los tratamientos ejecutados se obtuvieron los siguientes resultados; con una concentración de 3 ppm de ozono y tiempo de contacto de 3 minutos se obtuvieron los mejores parámetros de textura y tvu en arándano fresco, 0,26 kg/f y 35 días respectivamente, manteniendo parámetros de aceptabilidad general aceptables para el consumidor al arribar a destino.

ABSTRACT

The general objective of this work is to determine the optimal concentration of ozone and contact time to increase the useful life time in fresh blueberries, seeking improvement in the conditioning process, in order to eliminate external agents that diminish the quality of the product in the course of arrival in the country of destination. Three ozone concentrations (1, 3 and 5 ppm) and the following contact times (1, 3 and 5 minutes) were tested in an injection chamber. Each treatment was carried out independently with the same refrigeration temperature conditions. The product was placed in clamshells and placed in a refrigeration chamber at a temperature of 3 to 5 °C, evaluating the instrumental texture of the product and sensory life time in 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 days) each of these treatments with 3 repetitions. For the evaluation of the instrumental texture we used a penetrometer Warner serial mark #FR-5120 sensitivity 20 kg x 0,01 kg the analysis of the assumptions of normality and homogeneity of variances through the tests of Levene and Anderson - Darling, respectively; later when these assumptions were fulfilled we made the parametric tests of analysis of variance determining the ANOVA. For general acceptability the non-parametric tests of Friedman and Wilcoxon were performed. All statistical analyses were performed with a 95% confidence level. Minitab software was used to process the data. When the treatments were finished, the following results were obtained; with a concentration of 3 ppm of ozone and a contact time of 3 minutes, the best texture and tvu parameters were obtained in fresh blueberries, 0,26 kg/f and 35 days respectively, maintaining general acceptability parameters acceptable to the consumer upon arrival at destination.

INTRODUCCIÓN

El arándano es un fruto proveniente de arbustos, de sabor agridulce rico en antioxidantes, en los últimos años este cultivo ha obtenido crecimientos exponenciales de siembra y exportación, convirtiéndose en fruta favorita dentro de la dieta de consumidores americanos, europeos y asiáticos.

El precio de exportación de este producto es competitivo para la realidad nacional, y los márgenes de contribución que se obtiene por compañía son más que satisfactorios para los intereses institucionales, pero manejar grandes volúmenes conlleva a investigar nuevas técnicas y adoptar tendencias que ayuden a proteger el producto durante el proceso productivo y aún más durante el transcurso de viaje para que llegue a destino con las características que el consumidor espera en óptimas condiciones.

Una de estas tecnologías es el uso de desinfectantes y/o sustancias no contaminantes que permitan la conservación de alimentos sin dejar residuos en ellos y que extiendan la vida útil de frutas y hortalizas, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas, y nutritivas. El tratamiento con ozono está dentro de las tecnologías no térmicas emergentes, que cumple con los requisitos de la Food and Drug Administration (FDA), de Estados Unidos con respecto a una reducción de 5 ciclos logarítmicos de los microorganismos en los productos hortofrutícolas.

En investigaciones donde se utilizó ozono, efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento se obtuvo resultados satisfactorios en el tiempo de vida de granada, sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos, levaduras y aceptabilidad general de arilos de granada (*punica granatum*) mínimamente procesada (Maldonado, 2014).

También fue investigado el efecto de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento en racimos de uva, donde se determinó un efecto significativo sobre la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de mohos, levaduras y aceptabilidad general (Valdiviezo, 2016).

El ozono es efectivo para el acondicionamiento pre embarque de arándano fresco por ello se recomienda la aplicación de esta tecnología la cual arrojará resultados satisfactorios en el producto terminado llegado a destino.

- El problema científico se plantea en los términos siguientes:

¿Cuál será el efecto de aplicar la concentración de ozono y el tiempo de contacto sobre la vida útil del arándano fresco?

- La hipótesis científica planteada es:

La aplicación de ozono en la concentración de 3 ppm con tiempo de contacto 3 minutos extiende la vida útil del arándano fresco.

- El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos.

General:

- Determinar la concentración de ozono y tiempo de contacto óptimos para aumentar el tiempo de vida útil.

Específicos:

- Determinar valores de textura y aceptabilidad general.
- Reconocer los parámetros tecnológicos adecuados para los tratamientos a ejecutar.
- Precisar el tiempo de vida útil.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Ozono.

En 1785 el químico holandés M. Van Marum observó que el oxígeno sometido a las descargas de chispas eléctricas poseía un olor peculiarmente irritante, el cual tenía la propiedad de empañar el mercurio. Cruikshank (1801) observó el mismo olor en oxígeno recién preparado por electrolisis, pero fue el químico alemán C.F. Schönbein (1799-1868) el primero en reconocer (1840) que dicho olor obedecía a la formación de una sustancia derivada del oxígeno, a la que llamó ozono (del griego “ozein” que significa oler).

En el año 1863 el científico SORET demostró que el ozono se compone únicamente de 3 átomos de oxígeno naciente (O). Hasta que M. P. OTTO logró determinar su densidad, constitución molecular y estudió detenidamente su formación, logrando, además, producirlo de forma controlada artificialmente por medio de descargas eléctricas. Después de estos estudios ideó el sistema idóneo para producir ozono por medio de descargas eléctricas como lo produce la propia naturaleza (Paredes, 2014).

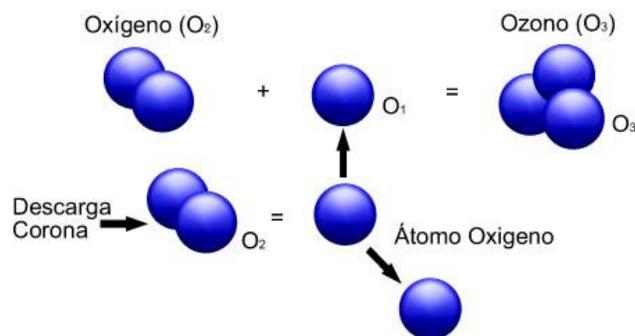


Figura 1. Composición química del ozono. Recuperado de Natural Systems (2015).

Este elemento se define como una variedad triatómica especial del oxígeno, que se forma naturalmente en las altas capas de la atmósfera y que fue descubierto en 1840. Inicialmente se empleó como germicida, por su alto potencial. Para su aplicación en medicina (ozonoterapia) se produce a partir de oxígeno medicinal, mediante generadores especialmente diseñados (Favier, Nico y Chi, 2010).

1.1.1. Características físico químicas del ozono.

El uso de ozono como desinfectante en el tratamiento de agua requiere un entendimiento de sus características físicas y químicas, ya que un complejo número de factores afectan su solubilidad, reactividad y su estabilidad (Cáceres, 2018).

Tabla 1

Propiedades físicas del ozono.

Color	Azul claro a altas concentraciones
Olor	Picante y penetrante (umbral olfativo 0,01-0,015 ppm)
Peso molecular	48
Potencial de oxidación	2,07 V
Punto de ebullición	-111,9 ± 0,3 °C
Punto de fusión	-192.5 ± 0,4 °C
Temperatura crítica	-12,1 °C
Presión crítica	54,6 atm

Nota. Recuperado de “Use of ozone in the food industry”, por Güzel, Bever, y Greene (2004).

Este gas es utilizado no sólo para inactivar numerosos microorganismos sino también para reducir la concentración de etileno y eliminar olores anómalos durante el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas (Aguayo, Escalona y Artés, 2006).

Según los datos de investigaciones microbiológicas, el ozono es capaz de matar a todos los tipos conocidos de bacterias grampositivas y gramnegativas, incluyendo la *Pseudomona aeruginosa* y la *Escherichia coli*; ambas bacterias son tremendamente resistentes a los antibióticos.

El uso potencial del ozono en la industria de frutas y verduras depende del hecho de que, como agente oxidativo, es 1,5 veces más fuerte que el cloro y más efectivo para un espectro más amplio de microorganismos que el cloro y otros desinfectantes. El ozono mata bacterias como *Escherichia coli*, *Listeria* y otros patógenos de alimentos mucho más rápido que los desinfectantes tradicionalmente usados, como el cloro y está libre de residuos químicos. (Langlais, Reckhow y Brink, 1991).

Los efectos desinfectantes locales, antiviral y antibacterianos del ozono, se deben a su capacidad germicida, básicamente a su alta capacidad oxidante sobre las paredes bacterianas. Este hecho lo convierte en un germicida general de amplio espectro ante el cual no actúan los mecanismos clásicos de resistencia microbiana. Si bien en un principio se pensaba que fisiológicamente la generación de H_2O_2 era la responsable de eliminar los microorganismos, se han lanzado nuevas hipótesis basadas en que las concentraciones fisiológicas de H_2O_2 son muy bajas para realizar este efecto, tales hipótesis señalan que el H_2O_2 es solo un intermediario en la formación de agentes con mayor potencia oxidante como el O_3 . En un fruto cosechado son varios los patógenos que pueden provocar su deterioro.

Algunos tienen la capacidad de penetrar en el fruto en estadios tempranos de crecimiento y permanecer latentes hasta que el fruto comienza a madurar. Otros, penetran en los frutos maduros, principalmente a través de la herida provocada durante la cosecha cuando el fruto se separa del pedúnculo (INIA, 2014).

Es uno de los desinfectantes químicos más efectivos es considerado un fuerte agente antimicrobiano. Su aplicación a concentraciones relativamente bajas y tiempos de contacto cortos, permite la inactivación de microorganismos, garantizando la calidad del producto agrícola e incrementando su resistencia al deterioro (Bataller, Santa Cruz y García, 2010).

1.1.2. Usos de ozono en alimentos.

En estudios anteriores usaron ozono gaseoso para prevenir la actividad microbiana en la superficie de alimentos y extender la vida de anaquel de frutas y verduras. Desde 1933, se han elaborado varios experimentos sobre una amplia variedad de frutas y verduras, incluyendo manzanas, papas, jitomates, fresas, brócoli, peras, naranjas, duraznos, arándano, uvas, maíz, soya, etc. (Perkins, 1996).

Uno de los efectos importantes del ozono en el almacenamiento en frío es que disminuye el proceso de maduración de las frutas y verduras. Durante la maduración, varias frutas como los plátanos y manzanas liberan gas etileno lo que acelera el proceso de maduración. El ozono es muy efectivo para eliminar etileno por medio de una reacción química para extender la vida de almacenamiento de varias frutas y verduras (Rice y Netzer, 1982).

La aplicación mas importante del O_3 en disolución acuosa radica en el lavado de frutas y hortalizas, mejorando su seguridad alimentaria al controlar los patógenos en la superficie (Parish, et al., 2003).

El ozono puede aplicarse de dos formas, en disoluciones acuosas o de forma gaseosa en aire, según el metodo elegido los factores a controlar serán distintos, asi como la eficacia del tratamiento en el producto en cuestión.

Tabla 2

Aplicación de ozono en frutas.

FRUTAS	EFEECTO
	Al eliminar las emanaciones gaseosas de las frutas, evita la pérdida de aromas y
Manzana	además permite el almacenamiento conjunto de diferentes tipos de manzanas y que cada una de ellas conserve sus características particulares.
Naranja	Se genera una neblina debida al ozono y a la esencia propia de la naranja, que protege al fruto.
Tomate	Reduce el 99% de la población de la Salmonella typhimurium adherida a la superficie de tomates en 2 minutos.
Platano	Todas las emanaciones que produce el plátano son eliminadas; de esta forma, el transporte queda garantizado y la fruta llega en óptimas condiciones a sus puntos de destino.
Pera	Responde con éxito a todas las alteraciones propias de las cámaras, y controla la aparición de mohos al tiempo que consigue una mayor duración del almacenamiento.
Fresa	La eliminación de compuestos orgánicos y la disminución de la concentración de etileno (que promueve la maduración del fruto), duplica el tiempo de almacenamiento, conservado sus características organolépticas, y reducidas las mermas por almacenamiento un 25% de promedio.

Nota. Elaboración propia (2019).

La eficacia del método y la concentración de ozono utilizado, generalmente depende de la clase de tratamiento, el tipo y la fisiología de los microorganismos, las características de las superficies

de los productos (grietas, hendiduras, tendencia hidrófoba, textura), pH y composición del producto, tiempo de exposición del tratamiento y temperatura (Parish et al., 2003).

1.1.3. Mecanismos de acción del ozono sobre microorganismos.

1.1.3.1. Acción sobre bacterias.

La inactivación de bacterias con ozono es considerada como una reacción de oxidación. La membrana de la bacteria es el primer lugar de ataque de ozono, las vías de acceso pueden ser dos, por el camino de las glicoproteínas o glicolípidos, o a través de los aminoácidos. El ozono también rompe la actividad enzimática de la bacteria al actuar sobre los grupos de sulfhídricos en ciertas enzimas. En este momento la bacteria pierde su capacidad de degradar azúcares y producir gases. El deshidrogenado de fosfato-6 de glucosa es afectado del mismo modo que el sistema enzimático. La muerte de la bacteria puede ser debido a los cambios en la permeabilidad celular, posiblemente seguido de una lisis celular (Langlais et al., 1991).

1.1.3.2. Acción sobre virus.

Los virus son microorganismos acelulares, compuestos solamente de ácido nucleico y una proteína que lo encierra llamada cápside. Los virus son organismos parásitos que solo pueden reproducirse dentro de una célula huésped. El primer objetivo del ataque del ozono sobre el virus es la ruptura del cápside. Si las concentraciones de ozono son altas el cápside será destruido totalmente. De esta forma el ácido nucleico es liberado dejándolo desprotegido del ozono, quien lo acabará de eliminar (Parish et al., 2003).

1.1.3.3. Acción sobre otros organismos.

Existen reportes de que el ozono tiene capacidad de inactivar a las esporas bajo condiciones de esterilización clínica. Sin embargo, no se reporta exactamente el mecanismo de actuación sobre ellas (Langlais et al., 1991).

El ozono elimina un espectro grande de microorganismos patógenos, algunos de los cuales se detallan en la tabla 3.

Tabla 3
Patógenos que elimina el ozono.

Aspergillus Niger (Black Mount)	Echo Virus 29	Hepatitis A virus	Salmonella Bacteria
Bacillus Bacteria	Enteric virus	Herpes Virus	Salmonella typhimurium
Bacillus Anthracis	Escherichia ColiBacteria	Influenza Virus	Staphylococci
Bacillus cereus	E-coli	Mucor piriformis	Stomatitis Virus
Bacillus subtilis	Encephalomyocarditis Virus	Mycobacterium avium	Streptococcus Bacteria
Clostridium Bacteria	Endamoebic Bacteria	Cysts Penicillium Bacteria	Vesicular Virus
Diphtheria Pathogen	Enterovirus Virus	Phytophthora parasitica	Virbrio Cholera Bacteria
Eberth Bacillus	GDVII Virus	Proteus Bacteria	Vicia Faba progeny

Nota. Recuperado de Ozone effects on specific bacteria, viruses and molds, por Ozone solutions (2004).

1.2. Vida útil.

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo en el que, con unas circunstancias definidas, el producto mantiene unos parámetros de calidad específicos. El concepto de calidad engloba aspectos organolépticos o sensoriales, como el sabor o el olor, nutricionales, como el contenido de nutrientes, o higiénico-sanitarios, relacionados de forma directa con el nivel de seguridad alimentaria.

Estos aspectos hacen referencia a los distintos procesos de deterioro: físicos, químicos y microbiológicos, de tal manera que en el momento en el que alguno de los parámetros de calidad se considera inaceptable, el producto habrá llegado al fin de su vida útil (Pelayo, 2010).



Figura 2. Vida útil del arándano. Recuperado de Comité de Arándanos de Chile (2016).

La mayor o menor vida útil del producto depende de la naturaleza del alimento en sí, pero también de otros factores como los procesos higienizantes y de conservación a los que se someta, el envasado y las condiciones de almacenamiento, como la temperatura y la humedad.

La vida útil de un alimento se define como el tiempo finito después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de propiedades sensoriales y fisicoquímicas, y sufrirá un cambio en su perfil microbiológico (Carrillo y Reyes, 2013).

1.2.1. Características del deterioro de los alimentos.

Durante su almacenamiento y distribución, los alimentos son expuestos a una gran variedad de condiciones ambientales. Factores tales como la temperatura, la humedad, el oxígeno y la luz pueden desencadenar varios mecanismos de reacción que pueden conducir a la degradación del alimento. Como consecuencia de estas reacciones los alimentos pueden alterarse causando problemas que los hacen no aptos para el consumo (Cummins y Jones, 1994).

Las causas más comunes de alteración de los productos alimenticios son de naturaleza biológica y entre éstas, sin duda las más importantes por los daños económicos producidos son los microorganismos y las enzimas naturales de los alimentos. Estas dos causas, junto con las de naturaleza química, revisten una importancia notable, no solo por la frecuencia en que intervienen en los procesos de deterioro, sino también, y particularmente, porque los procesos de alteración que producen implican, en prácticamente la totalidad de los casos, la destrucción de todo el producto, al contrario de lo que ocurre cuando intervienen otras causas de alteración, que pueden determinar fenómenos de deterioro localizados que presentan la posibilidad de una utilización parcial del producto (EcuRed, 2014).

Tabla 4

Clasificación de cambios indeseables que ocurren en los alimentos.

ATRIBUTO	CAMBIO
Textura	- Disminución de solubilidad.
	- Disminución de la capacidad para retener el agua.
	- Endurecimiento.
	- Reblandecimiento.
Desarrollo de:	
Sabor	- Rancidez (hidrolítica u oxidativa).
	- Sabor acaramelado o de cocción.
	- Otros gustos extraños.
Perdida o degradación de:	
Color	- Oscurecimiento.
	- Blanqueamiento.
	- Desarrollo de colores extraños.
Perdida o degradación de:	
Valor Nutritivo	- Vitaminas.
	- Minerales.
	- Proteínas.
	- Lípidos.

Nota. Recuperado de Food packaging: principles and practice, por Gordon (1993).

1.2.1.1. Cambios físicos.

Los cambios físicos son causados por el mal trato que se da a los productos del agro durante los procesos de cosecha, procesamiento y distribución. Estos cambios tienden a reducir la media del

producto. Los magullamientos de frutas y hortalizas durante los periodos de cosecha y post-cosecha tienden a desarrollar la podredumbre. Los vegetales almacenados en atmósferas con baja humedad pierden agua.

Los alimentos deshidratados almacenados en ambientes húmedos absorben agua, sufriendo cambios en sus características. En los alimentos congelados las fluctuaciones de temperatura son a menudo destructivas, por ejemplo, causan re-cristalización de los helados provocando deterioro en su textura, las quemaduras por congelamiento son algunos de los principales defectos en la calidad de los alimentos congelados y se derivan también de la exposición del producto a variaciones de temperatura; similarmente, el cambio de fases implicado en la fusión y solidificación de las grasas va en detrimento de la calidad de los dulces y otros productos que utilizan lípidos en su elaboración (Cummins y Jones, 1994).

1.2.1.2. Cambios químicos.

Durante el procesamiento y el almacenamiento de alimentos ocurren cambios químicos que se derivan de la composición y de los factores ambientales externos.

Los cambios químicos más importantes son asociados con la acción enzimática, reacciones de oxidación, particularmente oxidación de los lípidos que altera el sabor de muchos alimentos, y el pardeamiento no-enzimático que causa cambios en la apariencia (Cummins y Jones, 1994).

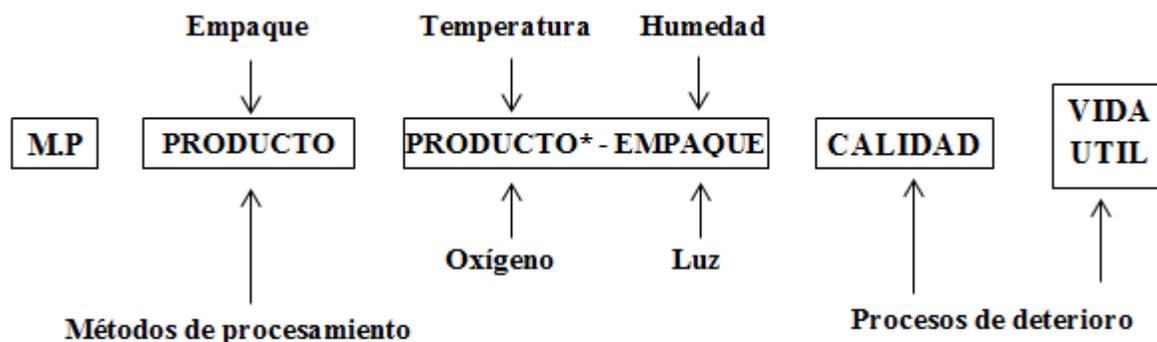
Tabla 5

Causa y efecto del deterioro en alimentos.

Causas principales	Consecuencias	Manifestaciones
Hidrólisis de lípidos	Los ácidos grasos libres reaccionan con las proteínas.	Textura, sabor y valor nutritivo.
Hidrólisis de polisacáridos	Los azúcares reaccionan con las proteínas.	Textura, color y sabor.
Oxidación de lípidos	Los productos de oxidación reaccionan con muchos otros constituyentes.	Textura, color, sabor y valor nutritivo.
Golpes en las frutas	Células rotas, enzimas liberadas, oxígeno accesible.	Textura, color, sabor y valor nutritivo.
Calentamiento de verduras	Pérdida de integridad de las células de las paredes y membranas, ácidos y enzimas.	Textura, color, sabor y valor nutritivo.
Calentamiento de tejido muscular	Agregación y desnaturalización de proteínas, inactivación de enzimas	Textura, color, sabor y valor nutritivo.

Nota. Recuperado de Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos, por Giraldo (1999).

1.2.2. Factores que afectan la vida útil de un alimento.



*composición, ingredientes, a_w , pH

Figura 3. Factores en la vida útil de un alimento. Elaboración propia (2019).

Entre los factores que pueden afectar la duración de la vida útil de un alimento se encuentran:

1.2.2.1. Materia prima.

La naturaleza de las materias primas es uno de los factores que más influencia tiene en la vida útil de un alimento. Esta puede tener un alto contenido de proteínas, grasas o carbohidratos. Dependiendo del macronutriente que predomine, o de la combinación de estos en el alimento, será el tipo de reacciones que se lleven a cabo. Por ejemplo, son diferentes las reacciones que ocurren en una carne que, en un pan, o en unas galletas que en un queso.

La composición de las materias primas es determinante para las reacciones de deterioro que se llevarán a cabo en el producto. En la materia prima para elaborar un alimento, pueden predominar las proteínas, las grasas o los carbohidratos. También pueden tener un alto contenido de humedad, o no ser de buena calidad (Carrillo y Reyes, 2013).

Por ejemplo, si las materias primas son ricas en proteínas, muy probablemente podrán desarrollarse bacterias; si tienen un alto contenido de grasas, en el producto final, posiblemente correrá el riesgo de enranciarse, o bien si contiene carbohidratos, el alimento elaborado será susceptible al deterioro por hongos y levaduras. Asimismo, la combinación de los nutrientes en la materia prima dirigirá el tipo de reacciones que predominará en el producto terminado.

1.2.2.2. Formulación del producto.

Los ingredientes y aditivos que contenga un producto afectan directamente la caducidad de un alimento. Algunos productos pueden contener un alto contenido de sal, como algunos tipos de quesos madurados, o la carne seca artesanalmente, que se consume en varias partes del mundo, de igual manera, en la formulación de muchos productos se da uso a los antes mencionados.

El estudio de la vida útil tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los productos en desarrollo y tradicionales a los que se les ha hecho algún cambio en la receta o en el proceso (Rondón, Pacheco, y Ortega , 2004).

1.2.3. Medición de la vida útil.

Kilcast y Subramaniam (2000) estiman que la determinación de la vida en anaquel se puede realizar mediante:

1.2.3.1. Paneles sensoriales.

La medición de los cambios de la calidad sensorial de un alimento requiere del uso de técnicas sensoriales. Estas son usualmente mediciones cualitativas y cuantitativas de un panel entrenado, aunque también puede provenir de consumidores finales.

1.2.3.2.Métodos instrumentales.

Se han diseñado muchas pruebas que permiten el uso de técnicas instrumentales para la medición de factores de calidad sensorial, pero éstos sólo son válidos si pueden correlacionarse con las mediciones sensoriales respectivas. Los métodos instrumentales pueden ser, un complemento importante para los métodos sensoriales.

Se han desarrollado nuevas técnicas instrumentales para asistir la determinación de las características organolépticas en la predicción de la vida en anaquel de los alimentos. Algunos ejemplos son: narices electrónicas, analizadores de textura, colorímetros, instrumentos reológicos, difracción de rayos X, medidores de actividad de agua.

1.2.3.3.Mediciones físicas.

La medición física más común es la del cambio de textura de un producto. Estos cambios pueden ser el resultado de reacciones químicas que ocurren dentro del producto, como aquellos causados por la interacción entre los ingredientes o por influencia medio ambiental, como la migración de la humedad a través del empaque.

1.2.3.4.Mediciones químicas.

Los análisis químicos juegan un rol vital en la determinación de la vida en anaquel, dado que pueden ser usados para medir las reacciones químicas que ocurren en un alimento durante su almacenamiento, o para confirmar los resultados obtenidos por un panel sensorial.

Para cualquier producto, las reacciones químicas ocurren simultáneamente durante el almacenamiento. Sin embargo, sólo es necesario medir aquellas reacciones claves en la calidad del producto. Las pruebas químicas que determinan cambios en una característica particular de calidad pueden ser aplicables a diferentes tipos de productos.

Un ejemplo de estos, es la medida del valor de peróxido como indicador del nivel de rancidez de los productos.

1.2.3.5. Mediciones microbiológicas.

Existen dos aspectos importantes a ser considerados en la determinación de la estabilidad microbiológica de un producto:

- Crecimiento microbiano.
- El crecimiento de microorganismos patógenos que afectan la inocuidad del alimento.

El tiempo para llegar a un nivel predeterminado de recuento microbiano puede ser considerado como el punto final, dado que es recomendable dejar un margen de seguridad en la fijación de la vida en anaquel, generalmente se toma el 70% de dicho tiempo como la vida de almacenamiento del producto.

La industria alimentaria concentra muchos esfuerzos en el desarrollo de nuevos productos y la consiguiente problemática que genera el desconocimiento de su vida útil, sobre todo, en los productos de larga vida cuya determinación en tiempo real no sería viable. La microbiología tradicional basada en el análisis del producto final resulta cara y poco operativa. Frente a ella, la microbiología predictiva es una herramienta alternativa que estudia la respuesta de crecimiento de microorganismos en el alimento frente a los diferentes factores que les afectan para poder, a partir de esos datos, predecir qué ocurrirá durante su almacenamiento.

1.2.4. Parámetros que indican el final de la vida útil.

A pesar de los avances en la ciencia y la tecnología de alimentos, los productos alimenticios tienen una vida útil finita. Por lo tanto, existen indicadores de que la vida útil de un producto ha llegado a su fin. Entre estos pueden hallarse los siguientes: elevado número de microorganismos,

oxidación de grasas y aceites, migración de humedad, pérdida de vitaminas y nutrientes, cambios de textura debidos a actividades enzimáticas, degradación de proteínas, pérdida de sabor y color, disminución o aumento de la viscosidad.

Cuando se relaciona el conocimiento que se tiene acerca de los alimentos: sus características, procesos implicados en su elaboración, los microorganismos que pueden desarrollarse en él, las reacciones químicas que pueden desencadenarse debido a los componentes que este contiene, las condiciones en que será almacenado y la forma de transportarse hasta que llegue a los consumidores, es posible predecir el deterioro que sufrirá el alimento, por lo que es posible garantizar que la calidad de los productos es correcta y reproducible.

Para iniciar un estudio de vida útil, es necesario conocer cuáles son los cambios negativos que puede sufrir el alimento a evaluar ya que esto influye en el alimento y el consumidor.

Básicamente, la aceptación de los alimentos es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre en un momento determinado. Por un lado, las características del alimento (composición química y nutritiva, estructura y propiedades físicas) y por otro, las de cada consumidor (genéticas, etarias, estado fisiológico y psicológico) y las del entorno que le rodea (hábitos familiares y geográficos, religión, educación, moda, precio o conveniencia de uso), influyen en su actitud en el momento de aceptar o rechazar un alimento (Costell, 2001).

1.2.5. Aceptabilidad General.

Es un hecho que la exigencia del consumidor actual por nuevos y mejores productos alimenticios, junto con la rapidez con que se producen los cambios de gustos y preferencias, genera una permanente necesidad de innovar en el desarrollo de productos. Esta necesidad de

innovación va más allá de la inocuidad de los alimentos y contempla también la calidad sensorial.

La industria alimentaria, por lo tanto, debe responder a estas exigencias optimizando la calidad sensorial de sus productos, lo que se traduce en maximizar el valor de la aceptación del alimento obtenido a partir de unos ingredientes determinados, sin que ello suponga un coste excesivo de la producción (Wittig, Villarroel, y Saura, 2001).

Uno de los principales objetivos de una producción exitosa de alimentos es el aseguramiento de la calidad. La calidad de un producto se ha definido de varias maneras, aunque en todas está presente la satisfacción del consumidor.

De una forma simplificada, se puede considerar que la percepción que el hombre tiene de un alimento es el resultado conjunto de la sensación que éste le provoca y de cómo él la interpreta.

La sensación que experimenta el hombre es la respuesta a los estímulos procedentes de los alimentos y el proceso de interpretación incluye referencias a informaciones o situaciones previas almacenadas en la memoria, que modulan la sensación percibida antes de decidir la aceptación o rechazo del alimento (Costell, 2001).

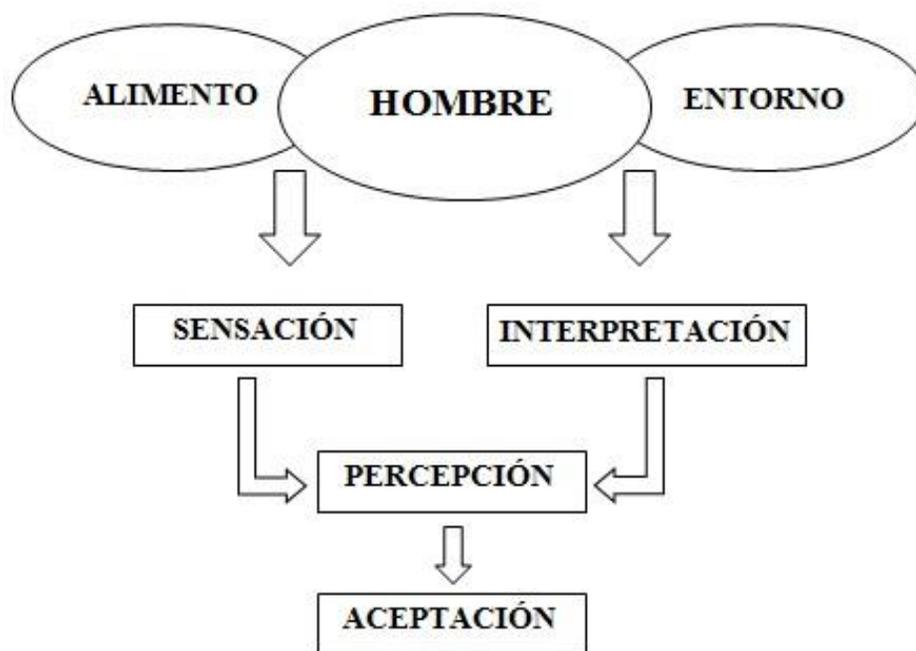


Figura 4. Proceso de aceptabilidad general de un alimento. Elaboración propia (2019).

La sensación que experimenta el hombre al observar e ingerir un alimento depende por un lado de la composición, propiedades físicas y características estructurales del producto y por otro, de su sensibilidad fisiológica, que le capacita para captar el estímulo procedente del alimento.

Durante siglos la percepción sensorial fue la única manera de evaluar la calidad de un alimento, a medida que se fueron desarrollando las mediciones instrumentales, la percepción sensorial medida por personas se fue relegando a medidas más absolutas basadas en las propiedades del alimento a consumir, una de estas propiedades denominadas como organolépticas, es la textura (Hough, 2000).

1.2.6. Textura.

Cuando hablamos de la textura de un alimento, nos referimos a aquellas propiedades capaces de ser percibidas por nuestros sentidos y que incluyen sensaciones como la aspereza, la suavidad, la

granulosidad. Esta textura viene determinada por el contenido de agua y grasa, así como por las propiedades de algunas proteínas, fibras o almidones, entre otros componentes del alimento.

Podemos definirlo también, como la respuesta de los sentidos táctiles a estímulos físicos que resultan del contacto entre alguna parte del cuerpo y el alimento. En algunos casos, el sentido del olfato y vista interviene en la percepción de la textura de alimentos; por ejemplo, en el caso de las frutas como consecuencia de la maduración de la fruta se desarrollan una serie de características físico-químicas (Torres, Gonzales y Acevedo, 2015).

Amihud y Surmacka (1973) discutieron la definición de textura y su relación con los atributos de apariencia y sabor. El argumentó que en la definición de textura deben relegarse apreciaciones visuales de textura, tales como el aspecto fracturable de un queso para rallar o el tamaño de partícula al observar un puré de frutas. Hay otras características que pueden referirse al mismo tiempo a una propiedad del sabor o a una propiedad de la textura, como son cremoso o aceitoso. Finalmente definieron la textura como una de las tres propiedades sensoriales primarias de alimentos que está relacionada con el sentido del tacto.

La textura de los alimentos es claramente un atributo sensorial y sólo puede medirse totalmente con métodos sensoriales. Como ocurre con otros atributos, el desarrollo y mejora de los métodos sensoriales para medirla se debe basar en el conocimiento del proceso por el que el hombre la evalúa.

Cornelius Bourne (1982) clasificó la importancia de la textura de un alimento en tres categorías:

- **Crítica:** Alimentos en los cuales la textura es la característica dominante; por ejemplo, carne, tubérculos fritos, apio, etc.

- **Importante:** Aquellos alimentos en los cuales la textura contribuye hacia la calidad sensorial total en forma más o menos equivalente con la apariencia y/o el sabor, como por ejemplo las frutas, alimentos que contienen harina, caramelos masticables, etc.
- **Menor:** Alimentos en los cuales la textura contribuye mínimamente a la calidad sensorial; la mayoría de las bebidas entran en esta categoría.

La textura influye considerablemente en la experiencia que tiene y siente el consumidor cuando ingiere un determinado alimento.

Un punto importante a la hora de aceptar o rechazar un alimento es su textura, ya que ésta es una mezcla de los elementos relativos a la estructura del mismo y la manera como se relacionan con los sentidos fisiológicos (Torres, et al., 2015).

1.3. El arándano.

El arándano es una baya originaria de América del Norte, donde crece en forma silvestre. Se cultivan diversos tipos de arándano: Lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) que comprende las especies más pequeñas como el *Vaccinium myrtillus*, Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) que abarca los arbustos más grandes, dentro de los cuales se encuentran muchas variedades comerciales.

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 (Vilchez, 2005).

El arándano, pertenece a la familia de los berries y presenta altas perspectivas de crecimiento en el mercado internacional, debido a sus características nutricionales, pues contiene una gran cantidad de antioxidantes.

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, 2009).

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 (Castillo, 2008).

1.3.1. Morfología del arándano.

Se trata de un arbusto caduco, que puede ser de porte erecto o rastrero y de altura variable según la especie que se trate. Aunque existen algunas diferencias botánicas entre especies, como modo de aprendizaje se describe la morfología en forma genérica.

- **Raíz:** Presenta un sistema radicular compuesto por numerosas raíces, en su mayoría superficiales. Dichas raíces son, generalmente fibrosas, finas y carentes de pelos absorbentes. En condiciones naturales, las raíces están asociadas con micorrizas formando simbiosis.
- **Tallo:** Presenta un pequeño tallo subterráneo (corona), recto, cuadrangular y muy ramificado. Generalmente son de color marrón-anaranjado, según la especie.
- **Hoja:** Presenta hojas simples, alternas, con forma elíptico-lanceoladas, márgenes dentados y peciolo corto. Son de color verde cuya intensidad varía dependiendo de la especie. En otoño, adquieren un tono rojizo típico en la especie.
- **Flores:** Presentan inflorescencias en racimos de 6-10 flores por yema, las flores individuales son pequeñas, axilares, con el cáliz compuesto de 4-5 sépalos obtusos y la corola blanca

formada por 4-5 pétalos fusionados dando lugar a una forma acampanada. El pistilo es simple, de ovario ínfero y estambres en grupos de 8-10.

- **Fruto:** El fruto se trata de una falsa baya de forma esférica, color azul, rojo o negro en su madurez según la especie. La epidermis del fruto está cubierta de secreciones cerosas. El tamaño de éste está relacionado con el grosor de la rama y la posición en la misma.

1.3.2. Clasificación taxonómica del arándano.

Tabla 6

Clasificación taxonómica del arándano.

Clasificación taxonómica	
Reino	Vegetal
Orden	Ericales
Familia	Ericáceas
Subgénero	Cyanococcus
Género	Vaccinium
Especies	5 grupos

Nota. Recuperado de Manual de buenas prácticas agrarias sostenibles de los frutos rojos, por Castillo (2008).

1.3.3. Propiedades nutricionales del arándano.

El valor nutricional del arándano, según la estandarización de la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos, lo resume como entre bajo y libre de grasas y sodio, libre de colesterol y 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.

Estudios de la Universidad de Clemson y del Departamento de Agricultura de Estados Unidos han ubicado al arándano en la posición número uno por su capacidad antioxidante, frente a todos los frutos y vegetales.

En la naturaleza existen varias verduras y frutas con propiedades antioxidantes, como el ajo, el tomate o la coliflor, por citar algunos, pero los arándanos ocupan el primer puesto y se los ha llamado "la súper fruta del siglo XXI".

Según los estándares de la Food and Drug Administración (FDA) de los Estados Unidos, el valor nutricional del arándano se resume como entre bajo y libre de grasas y sodio, libre de colesterol y rico en fibras, refrescante, tónico, astringente, diurético y con vitamina C; además de poseer ácido hipúrico, lo que determina que sea una fruta con muchas características deseables desde el punto de vista nutricional, y ocupa el puesto número uno entre frutas y verduras como antioxidante.

El pigmento que le confiere el color azul al fruto (la anthocianina), interviene en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas y Alzheimer.

A continuación, detallamos el aporte en la dieta alimenticia en porciones de 100 grs.

Tabla 7
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	0,014
Vitamina B2	0,0024
Vitamina B6	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

Nota. Adaptado de Perú exporta, por Asociación de Exportadores (2015).

1.3.4. Exportación de arándanos en el Perú.

Según la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas del Minagri, la producción nacional de arándano llegó el año pasado a las 89,735 toneladas, que representaron un volumen mayor en 71,6% respecto a similar período del 2017. Las regiones que experimentaron un alza fueron La Libertad (78,4%) y Lambayeque (18.2%) (MINAGRI, 2019).

La fortaleza con la que cuenta el Perú como exportador de arándanos se debe, en gran parte, a que los pequeños productores peruanos se han agremiado y han confiado en este boom, ahora se está dando inicio a una cadena de exportación de productos con valor agregado, como el arándano congelado, enlatado o deshidratado.

El principal país exportador de arándanos en el mundo al cierre del año 2018 fue Chile, al concentrar el 21% del total exportado, seguido de Perú que captó el 17%, luego esta España y Holanda, cada uno con 12% del total, seguidos de Estados Unidos, que participa del 7%, entre los principales (MINAGRI, 2019).

Tabla 8
Principales países exportadores de arándano.

País exportador	Participación en el mercado
Chile	20 %
Canadá	19 %
España	11 %
Perú	10 %
Estados Unidos	9 %
Holanda	6 %
Argentina	4 %
Marruecos	4 %
México	3 %
Otros	14 %

Nota. Adaptado de datos de Plataforma digital única del estado peruano, por Ministerio de Agricultura y Riego (2019).

El crecimiento de exportación del arándano se ha dado en gran medida a los diversos estudios que se han realizado en los últimos años, los cuales han dado a conocer las diversas propiedades y beneficios que otorga este fruto al ser humano.

Son diversos los estudios realizados haciendo uso tanto de arándanos frescos como en polvo.

1.4. Productos frescos y su almacenamiento.

Podemos definir como alimento fresco a un alimento perecedero, aquellos que por sus características naturales conservan sus cualidades aptas para la comercialización y el consumo durante un plazo inferior a 30 días o que precisan condiciones de temperatura regulada, de comercialización y de transporte.

En la última década, los consumidores han cambiado sus hábitos de alimentación basándose en las necesidades diarias, el tema de gestionar compras para consumo a largo plazo ha sido dejado de lado, es por eso que se requiere tanto en los mercados como en casa de un almacenamiento óptimo.

El almacenamiento en refrigeración y la conservación por frío durante la distribución y venta, es una etapa necesaria y exigible en las frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas. Esto se basa en la idea de que las temperaturas de refrigeración lentifican el crecimiento de la mayoría de microorganismos. Para las frutas y hortalizas existe una gran variación en la temperatura óptima de refrigeración.

Casp y Abril (2003) prefieren denominar a las temperaturas entre 10 y 15 °C como temperaturas de enfriamiento y entre 0 – 2 °C y 5 – 7 °C como temperaturas de refrigeración. De esta manera, es importante tener conocimiento de que las temperaturas de refrigeración y enfriamiento dependen en gran medida del tipo de alimentos de que se trate.

La refrigeración como obstáculo del deterioro, está suficientemente probada y es un factor de utilización continuado y un método de conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas. Cuando se separan de la planta, las frutas, hortalizas y flores son aun tejidos vivos que respiran. El mantenerlos a la 24 temperatura más baja posible (0 °C para los cultivos de climas templados o 10 a 12 °C para los cultivos sensibles al daño por frío) aumentara su vida de almacenamiento por la disminución de la velocidad de respiración, por su sensibilidad más baja al gas etileno y por la menor pérdida de agua que sufren. Reduciendo la tasa de pérdida de agua se disminuye también la velocidad de marchitamiento y resecamiento, que es una causa seria de pérdida postcosecha (Pelayo y Castillo, 2002).

Sin embargo, si este almacenamiento en cámaras frigoríficas no se realiza en las condiciones adecuadas trae consigo mermas en el peso, deterioro en la presentación y disminución de aroma sabor y valores nutrientes (Balboa, 2004).

1.5. Refrigeración de alimentos.

La refrigeración consiste en la conservación de los productos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación. De manera general, la refrigeración se enmarca entre -1°C y 8°C . De esta forma se consigue que el valor nutricional y las características organolépticas casi no se diferencien de las de los productos al inicio de su almacenaje. Es por esta razón que los productos frescos refrigerados son considerados por los consumidores como alimentos saludables (QUIMINET, 2003).

1.5.1. Importancia de la refrigeración.

La refrigeración detiene el crecimiento bacteriano. Las bacterias existen dondequiera en la naturaleza. Éstas están en el suelo, aire, agua y en los alimentos que comemos. Cuando estos tienen nutrientes (los alimentos), humedad y temperaturas favorables, éstas crecen rápidamente, aumentando en número hasta el punto donde otros tipos de bacterias pueden causar enfermedades. Las bacterias crecen rápidamente en un rango de temperatura entre 40 y 140°F , ($4,4^{\circ}\text{C}$ y 60°C) la “Zona de Peligro”, algunas duplicándose en número en tan poco tiempo como en 20 minutos. Un refrigerador puesto a 40°F ($4,4^{\circ}\text{C}$) o menos puede proteger la mayoría de los alimentos (Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos., 2010).

1.5.2. Factores que afectan la refrigeración.

1.5.2.1.Respiración:

La respiración es un proceso metabólico que toma como materia prima a los azúcares, almidón y ácidos orgánicos para someterlos a una degradación oxidativa resultando en moléculas más simples. Tal actividad se manifiesta por la emisión de calor, CO₂ y vapor de agua. La velocidad de respiración se reduce a la mitad por cada 10 °C en que disminuye la temperatura (Balboa, 2004; Madrid, 2011).

1.5.2.2.Transpiración:

La transpiración se da por la diferencia entre la presión del producto y la del ambiente que los rodea, se facilita la pérdida de agua en forma de vapor. La pérdida de este vapor de agua se produce 25 por las estomas, lenticelas, cutículas y heridas provocando pérdida de firmeza, y puede llegar hasta el arrugamiento de la epidermis (Balboa, 2004).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Lugar de ejecución.

Las pruebas experimentales fueron realizadas en los laboratorios de investigación, desarrollo e innovación de la empresa Gandules Inc. Sac., Jayanca, Lambayeque, Perú.

2.2.Población y muestra.

2.2.1. Población:

Bayas de arándanos (*Vaccinium myrtillus*) con calibres > 10 mm, brix ≥ 11 . procedentes del mercado mayorista Moshoqueque de la ciudad de Chiclayo, Lambayeque, Perú.

2.2.2. Muestra:

15 clamshell para cada tratamiento diferente, lo que hará un total de 150 clamshell (incluyendo el blanco).

2.3.Variables.

2.3.1. Variables independientes:

- Concentración de ozono (1 ppm, 3 ppm, 5ppm).
- Tiempo de contacto (1 minuto ,3 minutos ,5 minutos).

2.3.2. Variable dependiente:

- Vida útil (punto de corte 0, 5, 15, 20, 25, 30, 35 días).

2.4. Materiales y equipos.

2.4.1. Materias Primas:

- Arándano fresco.

2.4.2. Materiales:

- Clamshell de 250 g.
- Caja de tecnopor.
- Probetas pyrex de 10, 100 Y 250 ml c/u.
- Cronómetro “Casio”, Modelo Hs-80tw.
- Vasos de precipitación pyrex de 100, 250 y 600 ml c/u.

2.4.3. Reactivos:

- Agua destilada.
- Alcohol etílico al 96% de pureza.
- Buffer acetato de Sodio 0,1 M, pH 4,5.
- Buffer acetato de Sodio 1 M, pH 5,0.

2.4.4. Equipos:

- Generador de ozono corona de descarga “Ozone Technology”, Modelo G40-O5RPT serie # 0172017 Flujo: 1,8 kw, Voltaje 230v + T.
- Refrigerador “Electrolux”, Modelo ERT402YBKS Gas refrigerante R134a flujo: 170 kwh/24h.
- Equipo portátil de medidor de ozono “Korno”, Modelo GP-903, rango de medición de 0.00 – 100.00 ppm.

- Termómetro digital “Hanna Instruments”, Modelo HI-93510, rango de temperatura -50,0 a 150 °C precisión de +/- 0,4 °C.
- Balanza analítica electrónica, “Ohaus”, Modelo Traveler TA501, sensibilidad 0,1g serial # 8337378057.
- Penetrometro “Steps Systems GmbH”, Modelo FR-5120, sensibilidad 20 kg x 0,01 kg.
- Vernier digital “Starrett”, Modelo EC799A-8/200 rango 8/200mm, resolución .0005/.01mm, serial 18/02147.
- Refractómetro de mano, “Atago Automatic”, Modelo master-53T, graduado de brix 0,0 a 53% de sacarosa.
- Phmetro “SI analytics”, Modelo A7780-NTC30, serial 16520115.
- Cámara fotográfica digital “Sony”, Modelo WX350, óptica 20x zoom, megapíxel 3,5.

2.5. Metodología.

A continuación, se detallan las concentraciones y tiempo de contacto de cada tratamiento. La variable dependiente es vida útil y las variables independientes: concentración de ozono en (1,3 y 5 ppm) y tiempo de contacto de (1,3 y 5 min).

- B: Arándano sin tratamiento.
- C₁ T₁: Tratamiento de gasificado con O₃ a 1 ppm, con tiempo de contacto 1 min, en cámara artesanal.
- C₁ T₂: Tratamiento de gasificado con O₃ a 1 ppm, con tiempo de contacto 3 min, en cámara artesanal.
- C₁ T₃: Tratamiento de gasificado con O₃ a 1 ppm, con tiempo de contacto 5 min, en cámara artesanal.
- C₂ T₁: Tratamiento de gasificado con O₃ a 3 ppm, con tiempo de contacto 1 min, en cámara artesanal.

- C₂ T₂: Tratamiento de gasificado con O₃ a 3 ppm, con tiempo de contacto 3 min, en cámara artesanal.
- C₂ T₃: Tratamiento de gasificado con O₃ a 3 ppm, con tiempo de contacto 5 min, en cámara artesanal.
- C₃ T₁: Tratamiento de gasificado con O₃ a 5 ppm, con tiempo de contacto 1 min, en cámara artesanal.
- C₃ T₂: Tratamiento de gasificado con O₃ a 5 ppm, con tiempo de contacto 3 min, en cámara artesanal.
- C₃ T₃: Tratamiento de gasificado con O₃ a 5 ppm, con tiempo de contacto 5 min, en cámara artesanal.

2.5.1. Diagrama de flujo.

En la figura 5, se presentó el diagrama de flujo para la obtención de arándanos mínimamente procesados envasados y sometidos a tratamiento con ozono.

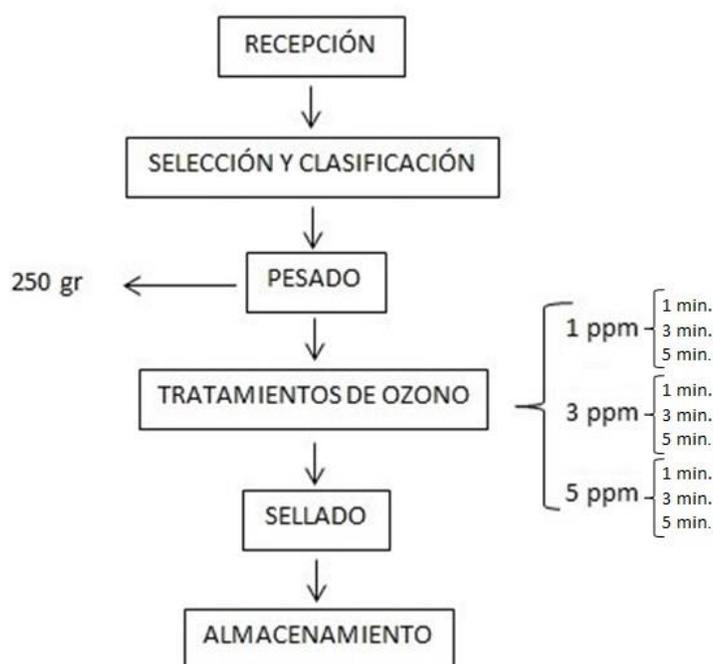


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de ozonificación. Elaboración propia (2019).

Descripción del proceso:

A continuación, se describen cada uno de las operaciones realizadas en la figura 5.

2.5.1.1.Recepción.

El arándano fresco fue comprado en jabas de plástico en el mercado Moshoqueque de Chiclayo, recepcionado en el laboratorio de investigación, desarrollo e Innovación Gandules Inc Sac, teniendo cuidado de no generar daño físico.

2.5.1.2.Selección y Clasificación.

El arándano fresco fue seleccionado manualmente retirando las bayas con presencia de daño físico, infección e infestación.

2.5.1.3.Pesado.

Se colocó las bayas de arándano fresco en clamshell pet utilizados para exportación, contenía un peso neto de 250 g. por cada tratamiento.

2.5.1.4.Tratamiento de ozono.

Los arándanos fueron expuestos a los diferentes tratamientos en las distintas concentraciones y tiempos.

2.5.1.5.Sellado.

Los clamshell fueron cerrados de manera manual y de manera correcta.

2.5.1.6.Almacenamiento.

El producto fue colocado en refrigeración a una temperatura entre 3 a 5 °C.

2.5.2. Métodos de análisis.

2.5.2.1. Textura.

La textura se determinó de manera instrumental, con la ayuda de un penetómetro esférico de 8 mm de marca “Steps Systems GmbH” considerándose una muestra de bayas de arándano por cada tratamiento donde se registra la fuerza ejercida y la profundidad de la penetración.

2.5.2.2. Aceptabilidad general.

Las muestras se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general usando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, hasta 1: me disgusta muchísimo. Se trabajó con 30 panelistas semi-entrenados, consumidores de bayas de arándano y representantes del público objetivo, el cual son personas de cualquier edad. Las muestras se entregaron al mismo tiempo a cada panelista para que puedan evaluarlas. Se utilizaron los mismos panelistas en cada día del análisis de las muestras.

Tabla 9
Escala hedónica de 9 puntos.

Puntaje	Calificación
9	Me agrada muchísimo
8	Me agrada mucho
7	Me agrada moderadamente
6	Me agrada ligeramente
5	No me agrada ni me desagrada
4	Me desagrada ligeramente
3	Me desagrada moderadamente
2	Me desagrada mucho
1	Me desagrada muchísimo

Nota. Elaboración propia (2018).

2.5.2.3.Determinación del tiempo de vida útil.

Para determinar el tiempo máximo de vida útil de arándano fresco, se utilizó la correlación estadística entre la textura y la aceptabilidad general, siendo ambos parámetros que limitan el tiempo de consumo del producto.

El sabor y la textura son dos criterios que se utilizan para caracterizar y aceptar o rechazar los alimentos (Norma ISO 5492:2008).

2.5.2.4.Método estadístico.

Correspondió a un diseño bifactorial con 2 factores (concentración de ozono y tiempo de contacto) con 3 réplicas. Se realizó el análisis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Anderson-Darling y Levene, respectivamente;

posteriormente al cumplirse estos supuestos se realizó las pruebas paramétricas de análisis de varianza determinándose el ANOVA. Para Aceptabilidad general se realizó las pruebas no-paramétricas de Friedman y Wilcoxon. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software Minitab 18.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Evaluación de textura.

Se muestra el promedio y desviación estándar de los análisis de textura en función del tiempo de exposición a ozono gaseoso y tiempo de contacto para los diferentes tratamientos.

Tabla 10
Análisis de promedios para la determinación de textura.

		PROMEDIO									
		B	C1 T1	C1 T2	C1 T3	C2 T1	C2 T2	C2 T3	C3 T1	C3 T2	C3 T3
Concentración de ozono		Control	1 ppm.	1 ppm.	1 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	5 ppm.	5 ppm.	5 ppm.
Días	Tiempo de contacto	Control	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.
0		0,25	0,29	0,30	0,29	0,31	0,31	0,32	0,32	0,36	0,36
5		0,24	0,33	0,28	0,24	0,33	0,29	0,27	0,28	0,28	0,26
10		0,20	0,23	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,27	0,26
15		0,13	0,20	0,19	0,21	0,24	0,24	0,23	0,27	0,28	0,28
20		0,05	0,20	0,18	0,18	0,21	0,25	0,19	0,20	0,25	0,26
25		0,00	0,14	0,14	0,16	0,20	0,25	0,20	0,19	0,20	0,22
30		0,00	0,16	0,25	0,20	0,18	0,26	0,21	0,19	0,20	0,20
35		0,00	0,13	0,25	0,20	0,19	0,26	0,21	0,17	0,20	0,15

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 11
Análisis desviación estándar para la determinación de textura.

DESVIACIÓN ESTANDAR										
	B	C1 T1	C1 T2	C1 T3	C2 T1	C2 T2	C2 T3	C3 T1	C3 T2	C3 T3
Concentración de ozono	Control	1 ppm.	1 ppm.	1 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	5 ppm.	5 ppm.	5 ppm.
Días	Control	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.
Tiempo de contacto										
0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
10	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
15	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01
20	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03
25	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
30	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
35	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Nota. Elaboración propia (2018).

3.1.1. Prueba de supuestos para análisis de varianzas.

Se evaluó el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad, donde la prueba de Levene determinó que los datos tienen homogeneidad de varianza ($p > 0,05$) y la prueba de Anderson-Darling corroboró que los residuales se distribuyen normalmente ($p > 0,05$).

Tabla 12

Pruebas de Levene y Anderson-Darling.

Leven	p	Anderson – Darling	p
0,440	1,000	0,227	0,812

Nota. Elaboración propia (2019).

Mendoza (2014) determina con la prueba de Levene modificada para la firmeza en las bayas de arándano irradiadas con luz UV-C donde se observó que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0,05$), lo cual hace válido para la aplicación del análisis de varianza y el uso de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para poder determinar el tratamiento con la mayor firmeza durante el almacenamiento.

Valdiviezo (2016) reporta que con la prueba de Levene modificada determinó la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0,05$). Por lo tanto, es factible la aplicación de un análisis de varianza y la prueba de Duncan.

3.1.2. Análisis de varianza para la textura.

Se muestra el promedio y desviación estándar de los análisis de textura en función del tiempo de exposición a ozono gaseoso y tiempo de contacto para los diferentes tratamientos.

Tabla 13.

Análisis bifactorial.

TEXTURA		OZONO (ppm)		
Tiempo de contacto (min)		1	3	5
1		0,14	0,20	0,19
		0,13	0,19	0,17
		0,12	0,19	0,16
	\bar{x}	0,13	0,25	0,20
	σ	0,01	0,01	0,01
3		0,26	0,25	0,20
		0,25	0,26	0,19
		0,20	0,26	0,20
	\bar{x}	0,19	0,26	0,21
	σ	0,01	0,01	0,01
5		0,20	0,20	0,16
		0,20	0,21	0,15
		0,21	0,21	0,15
	\bar{x}	0,17	0,20	0,15
	σ	0,01	0,01	0,01

Nota. Elaboración propia (2019).

El análisis de varianza indica que la concentración de ozono, tiempo de contacto e interacciones: ozono-tiempo, presentaron efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la firmeza en frutos de arándano.

Tabla 14
Análisis de varianza.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Ozono: O	2	0,025	0,012	200,810	0,000
Tiempo: T	2	0,004	0,002	34,330	0,000
O*T	4	0,013	0,003	51,530	0,000
Error	18	0,001	0,000		
Total	26	0,043			

Nota. Elaboración propia (2019).

Valdiviezo (2016) obtuvo resultados de análisis de varianza con diferencias significativas a la dosis de exposición a ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$) sobre la firmeza en racimos de uva Red Globe.

Cerna (2019) reportó que en el análisis de varianza muestra que la dosis de exposición a ozono gaseoso y el tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la firmeza en las bayas de aguaymanto.

Varese, Márquez y Pretell (2015) reportaron efecto significativo ($p < 0,05$) en la exposición a ozono gaseoso (35 y 65 ppm) y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en arándanos almacenados a 1 °C durante 30 días de almacenamiento.

Vite (2015) reportó un efecto significativo ($p < 0,05$) del tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en fresas con exposición a ozono gaseoso a (3 y 25 ppm) y almacenada a 4 °C durante 12 días.

Cerna (2019) determinó que la firmeza, medida como fuerza de penetración en las bayas fue disminuyendo a medida que transcurrieron los días de almacenamiento. Los frutos tratados con ozono gaseoso presentaron mayor retención de la firmeza durante los 30 días de almacenamiento, con valores de 1,68 y 1,58 N para 35 ppm y 65 ppm, respectivamente. Así mismo, la muestra control fue menor con 1,52 N.

Valdiviezo (2016) reportó que los racimos de uva Red Globe tratados con ozono gaseoso a 3 y 25 ppm almacenados a 2 °C presentaron mayor firmeza durante los 28 días de almacenamiento con 3,15 y 3,31 N, respectivamente, en comparación, a la muestra control que denotó un valor de 2,81 N.

Varese y otros (2015) evaluó la firmeza en arándanos tratados con ozono gaseoso a 35 ppm presentando valores más altos con 1,93 N al día 30 de almacenamiento, seguido de las muestras tratadas a dosis de 65 ppm con 1,71 N. Así mismo, las muestras control presentó el menor valor con 1,58 N.

Vite (2015) reportó disminución de la firmeza en fresas almacenadas a 4 °C durante 12 días de almacenamiento. Las concentraciones de 15 y 35 ppm presentaron valores de 1,44 N y 1,64 N, respectivamente, en comparación, con la muestra control que fue 1,39 N.

Martínez y otros (2007) estudiaron arilos de granada almacenados a 3 y 4 °C durante 17 días y determinaron que la textura fue disminuyendo significativamente de 22 N mm⁻¹ (textura inicial) a 11 N mm⁻¹ (textura final).

Salvador y otros (2006) reportaron que el caqui expuesto al ozono gaseoso 0,15 ppm presentó una menor pérdida de firmeza después de almacenarlas a 15 °C por 35 días, mostrando un valor de 18,2 N, en comparación de la muestra control que presentó valor de 9,7 N, siendo un valor no comercial. La disminución de la textura podría asociarse con la pérdida de peso, debido a que la

muestra control perdió mayor contenido de agua, lo cual influyó directamente en la pérdida de textura del producto.

Selma y otros (2008) reportaron la disminución de la textura en cubos de melón con exposición al ozono gaseoso 5000 y 20000 ppm, después de un periodo de almacenamiento de 7 días a 5 °C, los valores reportados fueron de 11,3 N y 10,8 N, respectivamente, en comparación de la muestra control que fue 10 N. La pérdida de firmeza podría estar relacionada con el desarrollo microbiano y con un aumento del metabolismo en los tejidos debido a la senescencia de los mismos.

Asif y otros (2014) reportaron que la papaya, expuesta al ozono gaseoso a 1,5 ppm y 2,5 ppm almacenadas a 25 °C presentaron una menor pérdida de textura después de 12 días de almacenamiento, los cuales fueron de 13,58 N y 18,48 N, respectivamente, en comparación con la muestra control 11,38 N.

La textura es un atributo importante en los arándanos, debido a que estos frutos son muy perecederos. Una baya firme es signo de frescura y permite asegurar un mayor período de almacenamiento y una mejor llegada a destino. Por el contrario, se sabe que el ablandamiento aumenta la susceptibilidad al daño mecánico y al ataque de patógenos (Terranova, et al., 2010).

3.2.Evaluación de aceptabilidad general.

Se muestra el promedio y moda de los análisis de aceptabilidad general en función del tiempo de exposición a ozono gaseoso y tiempo de contacto para los diferentes tratamientos.

Tabla 15

Análisis de promedio para la determinación de aceptabilidad general.

		PROMEDIO									
	B	C1 T1	C1 T2	C1 T3	C2 T1	C2 T2	C2 T3	C3 T1	C3 T2	C3 T3	
Concentración de ozono	Control	1 ppm.	1 ppm.	1 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	5 ppm.	5 ppm.	5 ppm.	
Días	Tiempo de contacto	Control	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.
0		7,57	7,80	7,87	7,90	7,87	7,90	8,07	7,93	7,70	7,73
5		7,43	7,87	7,80	7,97	7,77	7,53	7,63	7,97	7,40	8,00
10		7,13	7,17	7,17	7,47	7,50	7,27	7,33	7,10	7,33	7,20
15		6,10	6,50	6,03	6,10	6,23	6,10	6,07	6,20	6,30	6,13
20		0,00	5,27	5,50	5,87	5,57	5,20	5,57	5,27	5,30	6,17
25		0,00	0,00	0,00	5,37	5,00	5,20	5,33	5,53	5,53	5,47
30		0,00	0,00	0,00	5,30	3,07	3,50	3,63	3,37	3,33	3,20
35		0,00	0,00	0,00	2,53	2,30	2,40	2,80	2,37	2,47	2,50

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 16
Análisis de moda para la determinación de aceptabilidad general.

MODA										
	B	C1 T1	C1 T2	C1 T3	C2 T1	C2 T2	C2 T3	C3 T1	C3 T2	C3 T3
Concentración de ozono	Control	1 ppm.	1 ppm.	1 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	3 ppm.	5 ppm.	5 ppm.	5 ppm.
Días	Control	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.
0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	7	8	8	8	7	7	8	8	7	8
10	7	7	8	8	7	7	8	8	8	8
15	7	8	7	7	7	8	7	7	8	7
20	0	7	6	7	7	6	7	7	6	7
25	0	0	0	7	6	6	7	6	6	7
30	0	0	0	7	6	7	7	7	6	7
35	0	0	0	0	4	6	3	5	6	4

Nota. Elaboración propia (2018).

3.2.1. Prueba de Friedman.

3.2.1.1. Prueba de Friedman día 0:

La prueba de Friedman indica que al día inicial no existió diferencia entre las muestras evaluadas ($p > 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general.

Tabla 17

Prueba de Friedman - días 0.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
0	1	Control	4,7	7,6	8	6,262	0,713
		1	5,5	7,8	8		
		3	5,8	7,9	8		
		5	5,8	7,9	8		
		1	5,6	7,9	8		
		3	5,6	7,9	8		
		5	6,2	8,1	8		
		1	5,6	7,9	8		
		3	5,1	7,7	8		
		5	5,2	7,7	8		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.2. Prueba de Friedman día 5:

La prueba de Friedman indica que al día 5 existió diferencia significativa entre las muestras evaluadas ($p < 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general, además el tratamiento con aplicación de ozono a 5 ppm con tiempo de contacto de 5 min presentó mayor rango promedio de 6,4 con moda de 8 correspondiente a la percepción de "Me agrada mucho".

Tabla 18

Prueba de Friedman - días 5.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p			
5	1	Control	4,6	7,4	7	17,944	0,036			
		1	5,9	7,9	8					
		3	5,6	7,8	8					
	3	5	6,3	8,0	8					
		1	5,6	7,8	7					
		3	4,9	7,5	7					
	5	5	5,3	7,6	8					
		1	6,3	8,0	8					
		3	4,3	7,4	7					
			5	6,4	8,0			8		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.3. Prueba de Friedman día 10:

La prueba de Friedman indica que al día 10 no existió diferencia entre las muestras evaluadas ($p > 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general.

Tabla 19

Prueba de Friedman - días 10.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
10	1	Control	4,9	7,13	7	7,854	0,549
		1	5,2	7,17	7		
		3	5,3	7,17	8		
		5	6,2	7,47	8		
		1	6,2	7,50	7		
		3	5,4	7,27	7		
		5	5,8	7,33	8		
		1	5,0	7,10	8		
		3	5,9	7,33	8		
		5	5,3	7,20	8		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.4. Prueba de Friedman día 15:

La prueba de Friedman indica que al día 15 no existió diferencia entre las muestras evaluadas ($p > 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general.

Tabla 20

Prueba de Friedman - días 15.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
15	1	Control	5,3	7,10	7	6,311	0,708
		1	6,5	7,50	8		
		3	5,0	7,03	8		
		5	5,4	7,10	7		
		1	5,6	7,23	7		
		3	5,3	7,10	8		
		5	5,2	7,07	7		
		1	5,6	7,20	7		
		3	5,9	7,30	8		
		5	5,4	7,13	7		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.5. Prueba de Friedman día 20:

La prueba de Friedman indica que al día 20 existió diferencia significativa entre las muestras evaluadas ($p < 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general, además el tratamiento con aplicación de ozono a 5 ppm con tiempo de contacto de 5 min presentó mayor rango promedio de 6,5 con moda de 7 correspondiente a la percepción de "Me agrada moderadamente".

Tabla 21

Prueba de Friedman - días 20.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
20	1	1	4,5	6,27	7	20,620	0,008
		3	5,0	6,50	6		
		5	5,9	6,87	7		
	3	1	5,0	6,57	7		
		3	4,2	6,20	6		
		5	5,1	6,57	7		
	5	1	4,4	6,27	7		
		3	4,4	6,30	6		
		5	6,5	7,17	7		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.6. Prueba de Friedman día 25:

La prueba de Friedman indica que al día 25 no existió diferencia entre las muestras evaluadas ($p > 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general.

Tabla 22

Prueba de Friedman - días 25.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
25	1	5	4,1	6,37	7	9,370	0,154
		1	3,2	6,0	6		
	3	3	3,7	6,20	6		
		5	3,9	6,33	7		
		1	4,4	6,53	6		
	5	3	4,5	6,53	6		
		5	4,2	6,47	7		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.7. Prueba de Friedman día 30:

La prueba de Friedman indica que al día 30 no existió diferencia entre las muestras evaluadas ($p > 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general.

Tabla 23

Prueba de Friedman - días 30.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
30	1	5	3,9	6,30	7	7,290	0,295
		1	3,4	6,07	6		
	3	3	4,4	6,50	7		
		5	4,6	6,63	7		
		1	4,0	6,37	7		
	5	3	4,0	6,33	6		
		5	3,7	6,20	7		

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.1.8. Prueba de Friedman día 35:

La prueba de Friedman indica que al día 35 existió diferencia significativa entre las muestras evaluadas ($p < 0,05$) con referencia a la aceptabilidad general, además el tratamiento con aplicación de ozono a 3 ppm con tiempo de contacto de 3 min presentó mayor rango promedio de 4,6 con moda de 6 correspondiente a la percepción de "Me agrada ligeramente".

Tabla 24

Prueba de Friedman - días 35.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Rango promedio	Promedio	Moda	Chi ²	p
35	3	1	3,4	5,00	4	19,995	0,001
		3	4,6	5,80	6		
		5	3,3	4,83	3		
	5	1	3,8	5,20	5		
		3	3,4	5,00	6		
		5	2,6	4,50	4		

Nota. Elaboración propia (2019).

Valdiviezo (2016) reportó que se presentan los resultados de la prueba de Friedman para la aceptabilidad general en función de exposición y tiempo de almacenamiento para racimos de uva Red Globe denotándose que existió efecto significativo ($p < 0,05$) en los días 21 y 28 de almacenamiento.

Artés y otros (2006) evaluaron la aceptabilidad general en uvas de mesa variedad Crimsonseedles donde determinaron efecto significativo ($p < 0,05$) siendo la concentración de ozono gaseoso a 0,6 ppm y tiempo de exposición de 2 min, la que presentó mayor calificación

con un promedio de 6,5 puntos (ligeramente bueno), al final de los 23 días de almacenamiento a 5 °C.

3.2.2. Prueba de Wilcoxon.

3.2.2.1. Prueba de Wilcoxon día 5:

Para el día 5 de almacenamiento, en la prueba de Wilcoxon se comparó al tratamiento de mayor rango promedio contra los demás (ozono a 5 ppm con 5 min); donde se evidencia que fue diferente ($p < 0,05$) al control y tratamiento con la aplicación de ozono a 5 ppm con 3 min de tiempo de contacto.

Tabla 25

Prueba de Wilcoxon – días 5.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	p
			Control		0,013
			1	1	0,511
			1	3	0,360
			1	5	0,839
			3	1	0,211
			3	3	0,059
5	5	5	3	5	0,109
			5	1	0,861
			5	3	0,020

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.2.2. Prueba de Wilcoxon día 20:

Para el día 20 de almacenamiento refrigerado, en la prueba de Wilcoxon se comparó al tratamiento de mayor rango promedio contra los demás (ozono a 5 ppm con 5 min); donde se evidencia que fue diferente ($p < 0,05$) a los demás tratamientos excepto al tratamiento con ozono a 1 ppm con 5 min de contacto.

Tabla 26

Prueba de Wilcoxon - días 20.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	p
			Control		
			1	1	0,001
			1	3	0,013
			1	5	0,275
20	5	5	3	1	0,040
			3	3	0,000
			3	5	0,048
			5	1	0,001
			5	3	0,004

Nota. Elaboración propia (2019).

3.2.2.3. Prueba de Wilcoxon día 35:

Para el día 35 de almacenamiento refrigerado, en la prueba de Wilcoxon se comparó al tratamiento de mayor rango promedio contra los demás (ozono a 3 ppm con 3 min); donde se evidencia que fue diferente ($p < 0,05$) a los demás tratamientos.

Tabla 27

Prueba de Wilcoxon - días 35.

Tiempo de almacenamiento (días)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	Ozono (ppm)	Tiempo de contacto (min)	p
			Control		
			3	1	0,006
35	3	3	3	5	0,004
			5	1	0,037
			5	3	0,007
			5	5	0,000

Nota. Elaboración propia (2019).

Valdiviezo (2016) reportó que la prueba de Wilcoxon, la cual es usada para obtener información complementaria a la prueba de Friedman donde demostró que a los 28 días de almacenamiento a 2 °C el tratamiento el tratamiento D1 (dosis de exposición a ozono gaseoso 3 ppm) presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) con los demás tratamientos y además por presentar la mayor percepción sensorial, es considerado el mejor en cuanto a aceptación general.

Varese y otros (2015) determinó con la prueba de Wilcoxon que, a los 30 días de almacenamiento, los arándanos sometidos a 10 min de exposición al ozono presentaron

diferencia significativa ($p < 0,05$) con los otros tratamientos, por tanto, resultaron los mejores en cuanto a percepción sensorial.

3.3.Evaluación para vida útil:

La vida útil está sujeta de manera directa al orden deterioro que sufre el alimento en distintas condiciones de trabajo, proceso, almacenamiento y post apertura. Para productos frescos se considera un orden de deterioro en ORDEN 0, ya que se ve afectado de manera directa un atributo de CALIDAD, y se ve plasmado en el periodo de almacenamiento.

El parámetro de textura se encuentra inmerso en las reacciones de deterioro de Orden 0, como se puede apreciar en la figura 6, el comportamiento de este atributo en el tiempo tiene un comportamiento decreciente, el cual se encuentra acorde con las distintas publicaciones consultadas como antecedentes.

3.3.1. Evaluación para Textura:

Se observa que al transcurrir los días de almacenamiento refrigerado la textura en los frutos de arándano presentó tendencia a disminuir; el control solo pudo ser evaluado hasta el día 20 (posteriormente presentó desarrollo microbiológico), para los días 30 y 35 los tratamientos que mantuvieron la firmeza fueron la aplicación de ozono a 3 ppm con tiempo de contacto de 3 min (0,26 kg/f, para ambos días) y ozono a 1 ppm con 3 min de contacto (0,25 kg/f, para ambos días).

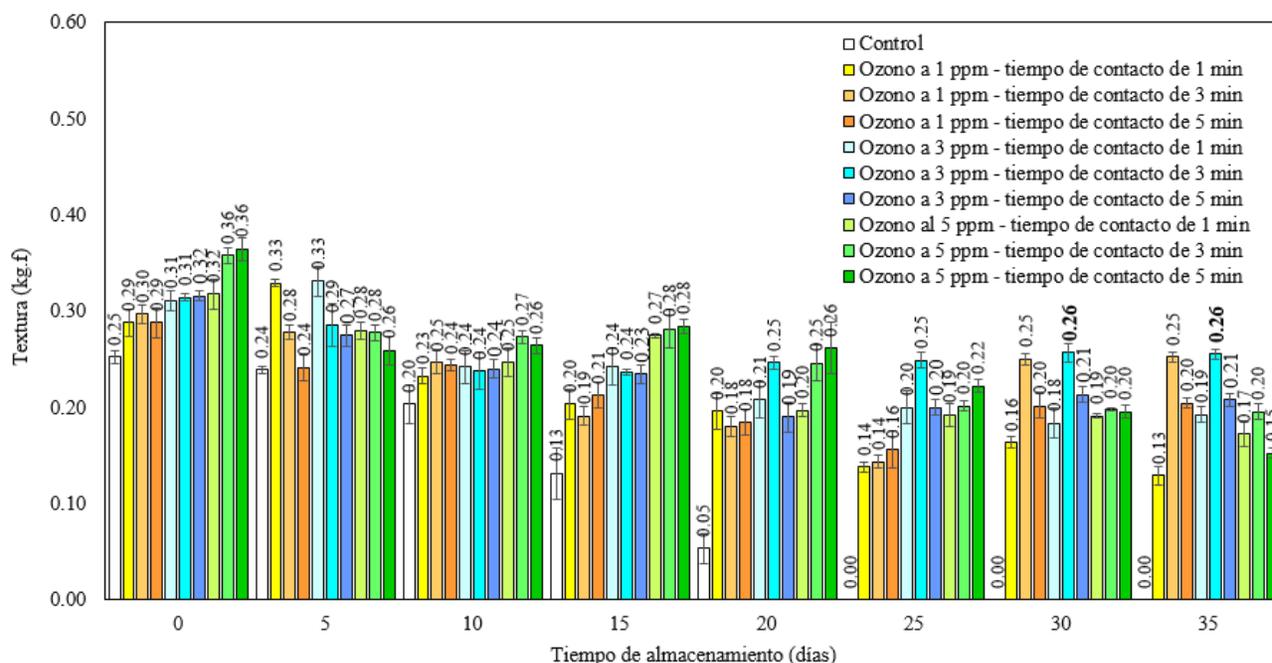


Figura 6. Resumen de la textura en el arándano fresco. Elaboración propia (2019).

La textura, tiene un rol relevante en la determinación de la aceptabilidad general hacia los consumidores. La firmeza de los frutos está influenciada por factores estructurales y químicos; constituyentes bioquímicos de los organelos celulares, contenido de agua y composición de la pared celular. Cualquier agente externo que afecte a uno o varios de estos factores puede modificar la firmeza y, en consecuencia, inducir cambios que modifiquen la calidad del producto y acorten el tiempo de vida útil (Márquez y Pretell, 2010).

La pérdida de firmeza constituye uno de los cambios fisicoquímicos más significativos y está asociado a la pérdida de agua generada a través de la transpiración y respiración del fruto, como consecuencia se produce marchitamiento y pérdida de consistencia del fruto, es uno de los principales factores utilizados para determinar la calidad de la fruta y la vida útil de postcosecha (Acuña, et al., 2009).

La pérdida de la firmeza durante el almacenamiento es un problema grave, ya que reduce la comerciabilidad del producto, está en parte asociado a la pérdida de agua. La firmeza en el mesocarpio no se ve afectada por la exposición al ozono gaseoso, ya que en varios estudios se reportó la mejor retención de la firmeza en frutos, donde el ablandamiento de la fruta, asociada con la maduración se retrasó, debido a que en la pared celular del fruto, se encontró una disminución de la actividad de pectina metilesterasa (PME) por acción del ozono gaseoso lo que permite el retraso del ablandamiento de la fruta relacionado a la reducción de la 56 solubilización y despolimerización de los polisacáridos de pectina (Glowacz, Colgan y Rees, 2014).

La pérdida de turgencia constituye uno de los cambios fisicoquímicos más significativos y está asociado a la pérdida de agua generada a través de la transpiración y respiración del fruto, como consecuencia se produce marchitamiento y pérdida de la consistencia del fruto (Acuña, et al., 2009).

El ozono gaseoso al entrar en contacto con la superficie del producto reduce la producción de radicales libres, ya que disminuye la liberación y acción de las quinonas, las cuales al liberarse, permiten la degradación de los anillos aromáticos de los compuestos fenólicos, impidiendo la acción de los antioxidantes sobre los radicales libres e impidiendo el avance de la senescencia del producto; además la aplicación de ozono puede reducir significativamente la flora microbiana en la superficie de los alimentos, evitando así la pérdida de firmeza en los frutos durante el almacenamiento (Aguayo, et al., 2005).

3.3.2. Evaluación para aceptabilidad general:

La aceptabilidad general es un parámetro de consumo y el que engloba dos o más atributos que califican como aceptable o no a un alimento, la aceptabilidad es un parámetro cuantificable y por

ende analizable, y brinda información importante al fabricante sobre la tendencia de consumo de su producto.

En el análisis realizado, en la figura 7, se observa que al transcurrir los días de almacenamiento refrigerado la aceptabilidad general en los frutos de arándano presentó tendencia a disminuir; el control solo pudo ser evaluado hasta el día 20 (posteriormente presentó desarrollo microbiológico), para el día 35 los tratamientos que mantuvieron la aceptabilidad general (punto de corte moda 6 correspondiente a la percepción de me agrada ligeramente) fueron la aplicación de ozono al 3 ppm con tiempo de contacto de 3 min y ozono al 5 ppm con 3 min de contacto.

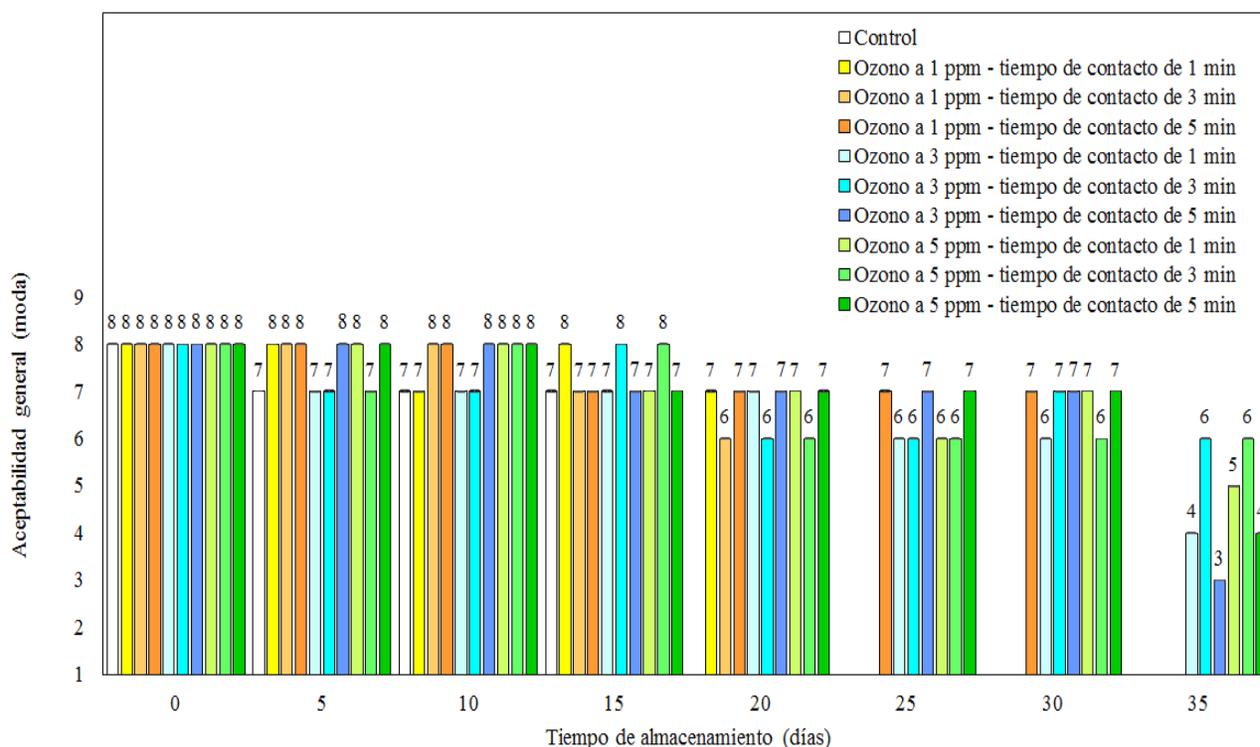


Figura 7. Modas en la aceptabilidad general. Elaboración propia (2019).

Valdiviezo (2016) reportó que la percepción general de los panelistas indicadas en la cartilla de evaluación, entre los días 0 y 28 de almacenamiento, se observa una tendencia decreciente, sin embargo, los panelistas indicaron que las muestras D1 (dosis de exposición a ozono gaseoso de 3

ppm) presentaron los mayores valores de aceptabilidad distinguiendo un color muy característico de la uva Red Globe así como, una firmeza táctil rígida, teniendo percepciones de “me gusta ligeramente, lo que corresponde una puntuación de 6.

Artés y otros (2006) indicaron que uvas de mesa con exposición a ozono gaseoso (0,6 ppm por 2 minutos) fueron aceptadas por los panelistas al día 23 de almacenamiento, mientras que la muestra control no fue aceptada por los panelistas.

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades de textura. Teniendo presente que la apariencia representa todos los atributos visibles de un alimento, se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la elección de un alimento (Carpenter, Hasdell y Lyon, 2001).

4. CONCLUSIONES

- La concentración de ozono y tiempo de contacto óptimos para aumentar el tiempo de vida útil fue de 3 ppm de ozono gaseoso con 3 min de contacto.
- El valor de textura ideal para que la característica de aceptabilidad general de “Me agrada ligeramente” se cumpla fue de 0,26kg/f.
- Los parámetros tecnológicos que se requieren son: hermeticidad, inyección del gas (cumplimiento de la concentración de cada tratamiento), homogeneidad de la concentración del gas y control de los parámetros para que el tratamiento sea estándar en todos los puntos de la cámara; para asegurar que los tratamientos se ejecuten de manera correcta es necesario asegurar la constante temperatura de refrigeración la cual estabilice la superficie e interior de la fruta, cuya temperatura debe de encontrarse dentro del intervalo de 3 a 5 °C.
- El tiempo de vida útil máximo de arándano fresco en condiciones de refrigeración es de 35 días.

5. RECOMENDACIONES.

- Para escala industrial las condiciones de gaseo y almacenamiento en refrigeración se recomienda utilizar cámaras herméticas (Friotecnia Torrent) y con sistemas de control automáticos (Zonosistem GM), los cuales permitan obtener datos certeros en un tiempo determinado.
- Se recomienda realizar este estudio en cada variedad comercial de arándano (Biloxi, Ventura, Jewel y Esmerald) a fin de detectar el tratamiento adecuado para cada una de ellas.
- Con la finalidad de contrastar la data de aceptabilidad general, se recomienda realizar análisis microbiológicos (Aerobios mesófilos, E.coli, Sallmonella sp y Listeria monocytogenes) en los días de control de textura y aceptabilidad general.
- Con el fin de verificar el nivel nutricional del arándano fresco sometido al tratamiento, es recomendable realizar análisis bromatológicos y análisis fisicoquímicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J., Casariego, A. y García, M. (2009). *Preservación de pepinos mediante el empleo de coberturas de quitosana. Tesis Lic.* La Habana, Cuba: Editorial Universitaria, Ciudad de la Habana.
- ADEX. (2009). Requisitos no arancelarios para Arandano fresco "Vaccinium Corymbosum". *Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de E.E.U.U.*
- ADEX. (2015). Perú exporta. *Boletín semanal N° 127.*
- Aguayo, E., Escalona, V. y Artés, F. (2005). *El ozono y su utilización en la industria agroalimentaria.* (U. P. Cartagena, Ed.) Murcia, España: EyPASA.
- Aguayo, E., Escalona, V. y Artés, F. (2006). *Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes.* Murcia, España: EyPASA.
- Amihud, B. y Surmacka, A. (1973). *Texture measurements food - Psychophysical fundamental; sensory, mechanical and chemical procedures and their interrelationships.* Boston, Holanda: Reidel Publishing Company.
- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en teoría y la práctica.* Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Artés, F., Rodríguez, S. y Artés, F. (2006). *Establecimiento de la vida comercial en uva "Crimson Seedless" mínimamente procesada con distintos lavados.* (Tesis de Pregrado). Universidad Miguel Hernández. Cartagena, Colombia.

- Asif, A., Kyng, M. y Charles, F. (2014). *Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage - Food Chemistry*. Nueva Escocia, Canadá: ELSEVIER.
- Balboa, J. (2004). *Aplicaciones del frío en la industria alimentaria*. Barcelona, España: Ediciones Ceysa.
- Bataller, M., Santa Cruz, S. y García, M. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *CENIC*, 155-164.
- Bioprotección ambiental. (2012). *Tratamientos y Generadores de Ozono*. Recuperado de <http://www.bioambiental.biz/es/ozono>
- Blandón, S. (2012). Ingeniería Poscosecha II. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 12-16.
- Cáceres, J. (2018). *Uso de iones de plata y ozono en el tratamiento de agua para consumo humano*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Carpenter, R., Hasdell, T. y Lyon, D. (2001). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de los alimentos*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Carrillo, M. y Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3), 3-4.
- Carrillo, M. y Reyes, A. (2013). Control de calidad de los alimentos, historia, presente y futuro. *Food quality Food*, 24.
- Casp, A. y Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. Segunda ed. Madrid, España: Mundiprensa.
- Castillo, M. (2008). *Manual de buenas prácticas agrarias sostenibles de los frutos rojos*. Sevilla, España: Edantur.

- CEAFA, Confederación Española de Asociaciones de Familiares de personas con Alzheimer. (2013). *El rey de los antioxidantes*. Recuperado de <https://www.ceafa.es/es/que-comunicamos/noticias/el-rey-de-los-antioxidantes>
- Cerna, C. (2019). *Efecto de la dosis de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas en aguaymanto Physalis peruviana L. (Solanaceae)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Comite de Arándanos de Chile. (2016). *Portal Frutícola*. Recuperado de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/14/guia-tecnica-fotografica-de-cosecha-como-identificar-defectos-y-danos-en-arandanos/>
- Comite Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California. (2010). *Programa de inocuidad alimentaria*. San Felipe: Comite Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California.
- Cornelius, M. (1982). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Nueva York, Estados Unidos: Academic Press. Recuperado de [http://154.68.126.6/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Elsevier%20\(2002\),%200121190625.pdf](http://154.68.126.6/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Elsevier%20(2002),%200121190625.pdf)
- Costell, E. (2001). La aceptabilidad de los alimentos:. *Arbor*, 65-85. Recuperado de <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/823>
- Cummins, D., y Jones, A. (1994). *Shelf Life Evaluation of Foods*. (F. S. Nutrition, Ed.) Boston, Estados Unidos: Springer US. Recuperado de <http://www.bookmetrix.com/detail/book/a66353d7-6fc8-4183-b2d9-a64a470625bf#downloads>
- EcuRed contributors. (2014). *Principales causas de alteraciones de los alimentos*. Recuperado de EcuRed:

- https://www.ecured.cu/index.php?title=Principales_causas_de_alteraciones_de_los_alimentos&oldid=2360593
- Favier, M., Nico, M. y Chi, M. (2010). *Ozonoterapia*.(Tesis de Pregrado). Policlínico Universitario "Martires del 04 de Abril", Guantanamo, Cuba.
- Giraldo, G. (1999). *Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Glowacz, M., Colgan, R. y Rees, D. (2014). *Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini*. Kent, Inglaterra: Natural Resources Institute. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201600253432>
- Gordon , R. (1993). *Food packaging : principles and practice*. Nueva York, Estados Unidos: CRC Press. Recuperado de https://www.academia.edu/19121118/Food_Packaging_-_Principles_and_Practice_3rd_Edition_Robertson_2012_
- Güzel, Z., Bever, P. y Greene, A. (2004). Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. *Food Microbiology*, 21, 475-479.
- Guzel, Z., Greene, A. y Atif, S. (2004). *Use of ozone in the food industry* (Vol. 37). Isparta, Turquía: ELSEVIER.
- Hough, G. (2000). *Textura sensorial de galletitas crocantes en función de su composición, humedad y temperatura de transición vítrea*. (Tesis de Pregrado). UBA - Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- INIA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2014). Guía para la identificación de patógenos de cosecha en frutos de arándanos. *Boletín de divulgación N° 107*.

- International Organization for Standardization. (2008). *Analisis Sensorial (ISO 5492)*. Génova: Asociación española de normalización y certificación (AENOR).
- Kilcast, D. y Subramaniam, P. (2000). *The Stability and Shelf-Life of Food*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Langlais, B., Reckhow, D. y Brink, D. (1991). *Ozone in Water Treatment: Application and Engineering*. Florida, Estados Unidos: Lewis Plubisher, CRC Press.
- Madrid, M. (2011). *Conservación de la calidad en bayas frescas (fresas, frambuesas y moras) después de la cosecha: el reto y las soluciones*. Recuperado de Fruit Profits: <http://www.fruitprofits.com/sp/articulo.asp?reg=29&page=>
- Maldonado, J. (2014). *Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arilos de granada (punica granatum L.) mínimamente procesada*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego , Lima, Perú.
- Márquez, L. y Pretell, C. (2010). Cobertura biodegradable gelatina-almidón-tara y las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de uva (*Vitis vinifera*) Red Globe, durante el almacenamiento. *PUEBLO CONTINENTE*, 21(1), 199-214.
- Martínez, D., Guillen, F., Valverde, J., Bailén, G., Zapata, P., Serrano, M. y Valero, D. (2007). *Influence of carvacrol on survival of Botrytis cinerea inoculated in table grapes*. Alicante, España: ELSEVIER.
- Mendoza, C. (2014). *Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándanos (Vaccinium corymbosum L.)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

- MINAGRI. (2019). Plataforma digital única del estado peruano. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/29490-minagri-produccion-de-arandanos-entre-enero-abril-crecio-en-105-por-mayor-demanda-de-mercados>
- MINAGRI. (2019). Plataforma digital única del estado peruano. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/24651-minagri-exportaciones-de-arandanos-llegaron-a-los-us-589-millones-el-ano-pasado>
- Natural Systems. (16 de Julio de 2015). *Natural System Distribuciones*. Recuperado de <https://www.naturalsystems.es/es/blog/porque-debes-usar-ozono-en-tu-cultivo-b8.html>
- Ozone solutions. (2004). *Ozone applications*. Recuperado de http://www.ozoneapplications.com/info/ozone_bacteria_mold_viruses.htm
- Ozono 21. (2019). *Ozono para Frutas y Verduras*. Recuperado de <https://www.ozono21.com/sectores-pagina/empresariales/frutas-verduras/11/>
- Paredes, C. (2014). *Estudio in-vitro de la eficacia de blanqueamiento dental mediante la aplicación de ozono vs peróxido de carbamida*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Parish, M., Beuchat, L., Suslow, T., Harris, L., Garrett, E., Farber, J. y Busta, F. (2003). Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 161-173.
- Pelayo, C. y Castillo, D. (2002). *Técnicas de manejo postcosecha a pequeña escala. Manual para los productos hortofrutícolas*. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapala, México.
- Pelayo, M. (2010). Vida útil de un alimento. *Consumer Seguridad Alimentaria.*, 42. Recuperado de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/vida-util-de-un-alimento.html>

- Perez, A. (2012). *Aplicaciones del ozono en la industria alimentaria*. (Tesis de Pregrado). Centro nacional de ciencia y tecnología de alimentos - Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Perkins, P. (1996). *Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries*. Florida: HortScience.
- QUIMINET. (2003). Información y negocios segundo a segundo. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/refrigeracion-y-congelacion-de-alimentos-129.htm>
- Rice, R. y Netzer, A. (1982). *Handbook of ozone technology and applications*. Michigan, Estados Unidos: Ann Arbor Science.
- Rondón, E., Pacheco, E. y Ortega F. (2004). *Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10*. (Tesis de Pregrado). Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela., 21(1), 68-83, Maracay, Venezuela.
- Rosales, S. (2018). GESTIÓN. Lima, Perú. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/mercados/peru-primer-exportador-arandanos-2021-254121>
- Salas N. (2010). *Efecto de dos tipos de ácidos y tres concentraciones de quitosano en la película comestible, en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las fresas (Fragaria vesca L.) almacenadas en refrigeración*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Salvador, A., Abad, I., Arnal, L. y Jávega, M. (2006). *Effect of Ozone on Postharvest Quality of Persimmon - Journal of food science*. Chicago, Estados Unidos: Institute of Food Technologists, IFT.

- Selma, M., Ibañez, A., Cantwell, M. y Suslow, T. (2008). *Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe - Food Microbiology*. Murcia, España: ELSEVIER.
- Seminario, L., Acuña, J. y Williams, S. (2010). *El Ozono y su Aplicación en la Conservación de Alimentos*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos. (2010). *La Refrigeración y la Inocuidad de los Alimentos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Washington D. C., Estados Unidos: FSIS.
- Terranova , L., Malleret, A., Quinteros, C., Dawson Lesa, C., Vuarant, C., Rivadeneira, F. y Gerard, J. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas. (U. N. Ríos, Ed.) *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 21(41), 159-171.
- Torres, J., González, K. y Acevedo, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. (Revista). *Revisiones de la Ciencia, Tecnología (ReCiTelA)*, 63 - 64.
- Torres, J., Gonzales, K. y Acevedo, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. (Revista). *Revisiones de la Ciencia, Tecnología (ReCiTelA)*, 63-75.
- Valdiviezo, B. (2016). *Efecto de la dosis de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en racimos de uva (Vitis vinifera L.) variedad red globe*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

- Varese, C., Márquez, L. y Pretell, C. (2015). *Ozono gaseoso en la conservación de las características de calidad en arándanos (Vaccinium corymbosum L.)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Vilchez, F. (2005). *Formulación y elaboración de un "snack" de arándano con incorporación de fibra dietética*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Chile, Santiago, Chile.
- Vite, D. (2015). *Efecto del tiempo de exposición al ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en fresas (Fragaria vesca L.)* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Wittig, E., Villarroel, M. y Saura, F. (2001). Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. *Fibra dietética en Iberoamérica : tecnología y salud*. 4(3), 16 - 65.

7. ANEXOS



Figura 8. Recepción de materia prima.



Figura 9. Selección de materia prima.



Figura 10. Pesado de materia prima.



Figura 11. Acopio de materia prima.



Figura 12. Inyección de ozono.



Figura 13. Almacenamiento de materia prima.

Nombre del juez : _____

Código de panelista : _____

Fecha : ___ / ___ / _____

Nombre del producto : Arándano fresco (*Vaccinium myrtillus*).

Instrucciones: Califique las bayas de arándano fresco según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que le produzca.

ESCALA	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS									
	234	567	432	144	158	984	365	200	148	755
Me agrada muchísimo										
Me agrada mucho										
Me agrada moderadamente										
Me agrada ligeramente										
No me agrada ni me desagrada										
Me desagrada ligeramente										
Me desagrada moderadamente										
Me desagrada mucho										
Me desagrada muchísimo										

Comentarios:

.....

.....

Figura 14. Formato de análisis de aceptabilidad general.



Figura 15. Evaluación sensorial - individuo 1.



Figura 16. Evaluación sensorial - individuo 2.



Figura 17. Evaluación sensorial - individuo 3.



Figura 18. Evaluación sensorial - individuo 4.

0										
Jueces	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	8	8	9	8	7	8	7	8	9	9
2	7	7	9	9	8	8	8	8	8	8
3	9	8	8	9	8	8	8	7	8	8
4	8	6	8	8	8	9	8	7	7	7
5	7	7	8	8	8	7	8	7	9	7
6	6	8	7	8	7	7	8	9	7	9
7	8	8	5	7	7	8	9	9	8	8
8	8	9	9	7	9	8	9	8	6	7
9	8	9	7	8	9	9	7	8	9	6
10	7	8	9	8	9	9	8	7	7	8
11	7	8	8	9	9	8	8	6	6	9
12	7	7	9	7	6	7	8	6	8	6
13	9	7	8	8	7	5	9	7	8	7
14	9	8	7	9	8	7	9	8	8	8
15	9	8	8	9	7	8	7	8	9	6
16	5	8	8	7	8	8	8	8	7	8
17	7	8	8	6	8	9	8	9	6	7
18	7	9	9	8	7	9	8	7	7	8
19	8	9	7	8	6	8	8	9	7	8
20	8	7	6	7	8	8	8	9	8	7
21	7	9	7	7	8	7	9	8	7	9
22	8	8	8	9	9	8	8	8	9	8
23	7	8	8	7	9	7	8	9	7	8
24	8	8	9	9	7	8	9	8	8	9
25	8	9	9	8	8	9	7	7	8	7
26	8	5	8	8	7	9	8	9	7	8
27	9	6	7	9	9	8	9	8	7	9
28	7	7	6	6	9	8	8	8	8	8
29	6	8	8	8	9	7	7	9	9	7
30	7	9	9	8	7	8	8	9	9	8
Promedio	7.6	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	8.1	7.9	7.7	7.7
Moda	8									

Figura 19. Datos de aceptabilidad general - Día 0.

5										
Jueces	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	7	8	8	8	9	7	8	7	7	9
2	8	9	7	7	9	8	6	8	7	7
3	6	7	8	9	8	7	7	9	8	9
4	9	8	8	9	7	6	8	8	7	9
5	8	8	7	9	8	8	7	9	9	8
6	7	9	8	8	7	9	8	9	7	7
7	6	8	9	8	7	7	8	8	9	8
8	8	7	9	7	8	9	7	7	8	7
9	9	9	7	8	7	7	9	8	8	8
10	7	7	8	7	9	8	8	7	7	9
11	7	8	8	9	6	7	8	8	9	7
12	7	9	8	7	9	8	7	8	7	8
13	6	8	8	9	7	8	9	7	8	7
14	6	8	9	7	8	7	8	9	7	9
15	8	9	9	7	8	7	6	8	6	9
16	7	8	7	9	9	8	7	8	8	8
17	9	8	6	7	7	9	7	8	7	9
18	8	6	9	9	7	8	8	9	7	8
19	9	8	8	7	9	7	7	8	7	8
20	8	7	7	8	9	7	8	9	8	8
21	8	7	9	9	8	6	8	7	7	8
22	7	8	7	8	8	8	7	8	7	9
23	7	6	8	9	7	8	8	8	7	8
24	6	7	8	8	7	9	8	7	7	8
25	8	7	7	8	9	6	8	8	7	8
26	7	9	7	8	7	7	9	8	8	6
27	7	9	8	7	7	8	6	8	7	8
28	7	8	8	7	7	6	8	8	7	7
29	8	7	7	8	8	7	8	7	7	8
30	8	9	7	8	7	9	8	8	7	8
Promedio	7.4	7.9	7.8	8.0	7.8	7.5	7.6	8.0	7.4	8.0
Moda	7	8	8	8	7	7	8	8	7	8

Figura 20. Datos de aceptabilidad general - día 5.

10										
Jueces	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	7	7	6	7	8	8	9	8	8	8
2	7	7	7	8	7	7	8	6	7	8
3	7	8	8	7	7	7	6	8	6	7
4	6	8	7	8	8	8	9	8	6	6
5	8	7	5	7	9	7	8	7	8	8
6	7	7	8	8	7	7	8	6	7	8
7	8	6	6	7	8	7	6	8	7	6
8	8	6	8	8	8	7	7	6	8	7
9	7	7	8	6	7	6	8	6	7	7
10	7	8	8	8	7	8	7	6	8	7
11	6	8	7	8	7	7	6	8	8	7
12	7	7	6	7	7	8	8	7	7	6
13	8	7	7	8	8	7	7	6	7	6
14	8	6	8	9	7	9	7	8	8	7
15	6	7	6	7	7	8	8	6	7	7
16	9	8	8	8	7	6	8	6	9	6
17	7	8	7	8	8	7	7	8	6	7
18	7	8	6	6	8	7	8	6	8	8
19	7	7	7	7	8	6	8	7	8	7
20	6	6	8	7	8	7	7	8	8	8
21	8	6	8	8	7	8	6	8	7	8
22	8	6	7	8	8	6	7	8	7	8
23	7	7	8	8	7	9	6	7	8	7
24	6	8	7	7	7	8	8	7	8	8
25	7	8	6	7	7	8	7	9	8	7
26	6	8	8	7	8	7	6	7	8	8
27	8	7	8	8	8	7	8	8	5	7
28	7	7	7	8	7	7	8	8	7	6
29	7	8	7	6	7	8	6	5	7	8
30	7	7	8	8	8	6	8	7	7	8
Promedio	7.1	7.2	7.2	7.5	7.5	7.3	7.3	7.1	7.3	7.2
Moda	7	7	8	8	7	7	8	8	8	8

Figura 21. Datos de aceptabilidad general - día 10.

15										
Jueces	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	7	7	7	7	8	8	7	9	9	9
2	6	6	7	6	8	8	8	7	9	5
3	7	8	8	6	9	7	6	8	6	7
4	7	9	9	6	6	8	7	6	6	6
5	8	8	6	6	6	7	7	7	8	7
6	6	8	7	7	7	6	8	7	9	7
7	7	9	7	6	6	6	7	8	8	6
8	9	8	6	8	7	7	7	6	7	8
9	8	6	6	7	8	8	6	7	7	7
10	6	8	6	7	7	7	7	8	8	9
11	6	7	7	9	8	8	6	7	7	6
12	7	8	6	7	7	8	6	7	8	8
13	7	8	7	7	6	7	6	7	8	7
14	9	7	7	8	7	6	8	7	7	6
15	8	8	8	6	7	8	7	7	6	6
16	6	6	7	6	8	8	9	8	7	7
17	7	8	8	8	7	6	7	8	7	7
18	8	7	7	9	7	8	8	7	6	8
19	7	7	7	8	8	6	8	7	8	6
20	7	8	7	7	8	7	6	6	8	7
21	6	6	8	6	7	7	7	8	6	8
22	9	7	8	8	7	6	7	7	7	8
23	7	7	7	8	7	6	6	8	8	8
24	6	8	8	7	6	6	8	7	7	9
25	8	7	7	6	8	8	7	6	6	8
26	6	8	8	7	6	6	8	8	7	7
27	6	8	7	8	9	7	6	8	8	6
28	7	9	6	7	7	7	8	7	7	7
29	7	8	6	8	8	8	7	7	8	7
30	8	6	6	7	7	8	7	6	6	7
Promedio	7.1	7.5	7.0	7.1	7.2	7.1	7.1	7.2	7.3	7.1
Moda	7	8	7	7	7	8	7	7	8	7

Figura 22. Datos de aceptabilidad general - día 15.

20										
Jueces	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	-	6	7	7	7	6	8	5	5	7
2	-	8	6	7	5	5	6	7	7	8
3	-	6	6	6	7	6	5	8	5	8
4	-	7	8	6	6	7	5	8	6	7
5	-	5	6	8	5	5	7	6	7	8
6	-	8	5	6	7	7	8	7	6	8
7	-	7	5	7	5	8	7	6	6	8
8	-	7	5	8	7	6	8	6	8	7
9	-	5	5	7	8	7	6	5	7	8
10	-	7	6	7	6	8	7	7	6	7
11	-	5	7	6	7	6	8	7	8	6
12	-	5	8	7	7	6	7	6	6	8
13	-	5	7	7	8	6	8	7	7	6
14	-	7	7	8	6	7	7	5	8	6
15	-	5	6	7	8	6	5	7	6	6
16	-	7	8	5	7	5	7	7	6	7
17	-	5	7	8	5	6	7	6	6	7
18	-	5	6	7	7	6	8	7	5	8
19	-	7	6	8	5	6	7	6	7	6
20	-	7	6	6	7	6	5	5	6	8
21	-	7	6	5	8	6	7	7	5	8
22	-	8	8	6	7	5	6	5	7	7
23	-	5	8	5	7	7	5	6	6	8
24	-	7	8	8	6	7	6	6	5	7
25	-	5	7	7	8	6	7	7	5	5
26	-	6	6	7	8	5	5	6	5	7
27	-	8	6	8	5	5	7	5	6	7
28	-	6	7	7	6	6	5	7	8	8
29	-	6	5	8	7	6	5	6	8	7
30	-	6	7	7	5	8	8	5	6	7
Promedio		6.3	6.5	6.9	6.6	6.2	6.6	6.3	6.3	7.2
Moda		7	6	7	7	6	7	7	6	7

Figura 23. Datos de aceptabilidad general - día 20.

25								
Jueces	Control	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	-	6	5	6	7	6	6	6
2	-	7	6	5	8	5	6	7
3	-	7	7	6	8	7	6	6
4	-	6	5	5	7	7	7	6
5	-	7	5	6	8	6	7	7
6	-	6	5	6	5	7	6	6
7	-	6	6	6	6	8	7	7
8	-	7	7	7	5	5	6	5
9	-	6	6	7	5	8	5	7
10	-	7	7	5	7	6	6	6
11	-	5	7	5	7	8	6	7
12	-	6	5	6	7	7	6	5
13	-	6	7	5	6	6	7	7
14	-	7	6	7	7	6	5	6
15	-	6	7	7	6	8	8	7
16	-	7	5	8	6	5	7	6
17	-	8	6	5	7	6	8	7
18	-	5	6	6	7	7	7	6
19	-	7	6	7	6	6	6	8
20	-	7	6	6	5	6	7	6
21	-	5	5	6	6	7	8	7
22	-	6	7	7	5	6	7	7
23	-	7	6	6	6	7	7	6
24	-	7	6	6	5	7	6	7
25	-	8	6	7	6	6	8	7
26	-	5	7	6	7	8	7	6
27	-	6	5	7	5	7	6	6
28	-	6	5	7	7	6	5	7
29	-	7	6	7	7	5	8	6
30	-	5	7	6	6	7	5	7
Promedio		6.4	6.0	6.2	6.3	6.5	6.5	6.5
Moda		7	6	6	7	6	6	7

Figura 24. Datos de aceptabilidad general - día 25.

30								
Jueces	Control	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	-	6	7	7	8	6	7	7
2	-	6	6	8	7	6	5	6
3	-	7	6	7	7	6	7	5
4	-	6	7	7	8	6	5	5
5	-	6	6	7	5	6	7	6
6	-	7	5	6	6	7	8	6
7	-	6	8	5	8	7	5	7
8	-	7	5	7	5	6	5	7
9	-	5	6	7	7	6	6	5
10	-	7	6	6	8	7	7	5
11	-	7	5	8	7	7	6	6
12	-	5	7	7	6	5	7	5
13	-	6	6	5	8	7	8	6
14	-	5	7	8	6	7	7	6
15	-	7	5	6	6	7	8	6
16	-	5	6	7	6	5	7	7
17	-	8	6	5	7	7	5	6
18	-	7	5	5	7	6	8	7
19	-	7	6	7	7	5	6	5
20	-	6	6	7	5	7	6	7
21	-	5	6	5	7	6	8	7
22	-	7	6	6	7	8	5	7
23	-	6	7	5	6	6	7	5
24	-	7	5	6	7	5	6	7
25	-	5	5	7	6	7	5	8
26	-	5	6	7	8	7	6	7
27	-	8	6	7	7	5	6	5
28	-	6	7	5	7	8	6	7
29	-	7	7	8	5	7	6	6
30	-	7	6	7	5	6	5	7
Promedio		6.3	6.1	6.5	6.6	6.4	6.3	6.2
Moda		7	6	7	7	7	6	7

Figura 25. Datos de aceptabilidad general - día 30.

35							
Jueces	Control	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	-	5	6	4	7	7	5
2	-	7	7	5	5	4	7
3	-	4	6	7	5	6	5
4	-	7	5	6	4	3	6
5	-	6	4	4	6	5	5
6	-	6	7	3	6	4	4
7	-	4	6	3	5	6	4
8	-	4	5	7	6	5	4
9	-	5	6	6	4	3	5
10	-	5	5	7	6	6	5
11	-	5	6	4	4	6	4
12	-	6	6	3	6	5	6
13	-	6	6	6	7	5	5
14	-	3	5	6	7	6	5
15	-	6	6	6	6	5	4
16	-	4	7	5	5	6	4
17	-	5	5	6	7	5	5
18	-	4	5	5	4	7	4
19	-	6	6	6	5	5	3
20	-	4	7	5	5	6	3
21	-	4	7	5	6	7	6
22	-	6	5	7	3	3	4
23	-	6	6	3	6	5	4
24	-	5	5	5	5	3	3
25	-	4	6	3	3	3	6
26	-	5	6	4	6	5	6
27	-	5	6	3	5	6	3
28	-	4	6	5	5	4	3
29	-	4	6	3	3	3	4
30	-	5	5	3	4	6	3
Promedio		5.0	5.8	4.8	5.2	5.0	4.5
Moda		4	6	3	5	6	4

Figura 26. Datos de aceptabilidad general - día 35.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
0	1	1	0.30
0	1	1	0.28
0	1	1	0.28
0	1	3	0.30
0	1	3	0.31
0	1	3	0.29
0	1	5	0.30
0	1	5	0.27
0	1	5	0.29
0	3	1	0.32
0	3	1	0.31
0	3	1	0.30
0	3	3	0.32
0	3	3	0.31
0	3	3	0.32
0	3	3	0.32
0	3	5	0.32
0	3	5	0.31
0	3	5	0.32
0	5	1	0.30
0	5	1	0.33
0	5	1	0.33
0	5	3	0.35
0	5	3	0.37
0	5	3	0.36
0	5	5	0.38
0	5	5	0.36
0	5	5	0.35

Figura 27. Datos de análisis de textura - Día 0.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
5	1	1	0.33
5	1	1	0.33
5	1	1	0.33
5	1	3	0.29
5	1	3	0.27
5	1	3	0.27
5	1	5	0.24
5	1	5	0.23
5	1	5	0.26
5	3	1	0.34
5	3	1	0.31
5	3	1	0.34
5	3	3	0.30
5	3	3	0.29
5	3	3	0.26
5	3	5	0.27
5	3	5	0.29
5	3	5	0.27
5	5	1	0.28
5	5	1	0.27
5	5	1	0.29
5	5	3	0.28
5	5	3	0.27
5	5	3	0.29
5	5	5	0.24
5	5	5	0.26
5	5	5	0.27

Figura 28. Datos de análisis de textura - Día 5.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
10	1	1	0.23
10	1	1	0.22
10	1	1	0.24
10	1	3	0.24
10	1	3	0.24
10	1	3	0.26
10	1	5	0.25
10	1	5	0.25
10	1	5	0.24
10	3	1	0.25
10	3	1	0.22
10	3	1	0.26
10	3	3	0.26
10	3	3	0.22
10	3	3	0.23
10	3	5	0.23
10	3	5	0.25
10	3	5	0.24
10	5	1	0.23
10	5	1	0.24
10	5	1	0.26
10	5	3	0.27
10	5	3	0.28
10	5	3	0.27
10	5	5	0.26
10	5	5	0.27
10	5	5	0.26

Figura 29. Datos de análisis de textura - Día 10.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
15	1	1	0.21
15	1	1	0.22
15	1	1	0.19
15	1	3	0.18
15	1	3	0.19
15	1	3	0.20
15	1	5	0.20
15	1	5	0.22
15	1	5	0.22
15	3	1	0.22
15	3	1	0.25
15	3	1	0.25
15	3	3	0.23
15	3	3	0.24
15	3	3	0.24
15	3	5	0.24
15	3	5	0.22
15	3	5	0.24
15	5	1	0.28
15	5	1	0.27
15	5	1	0.27
15	5	3	0.26
15	5	3	0.30
15	5	3	0.28
15	5	5	0.29
15	5	5	0.28
15	5	5	0.28

Figura 30. Datos de análisis de textura - Día 15.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
20	1	1	0.19
20	1	1	0.22
20	1	1	0.18
20	1	3	0.19
20	1	3	0.17
20	1	3	0.18
20	1	5	0.17
20	1	5	0.20
20	1	5	0.18
20	3	1	0.21
20	3	1	0.19
20	3	1	0.23
20	3	3	0.25
20	3	3	0.25
20	3	3	0.24
20	3	5	0.19
20	3	5	0.21
20	3	5	0.18
20	5	1	0.20
20	5	1	0.20
20	5	1	0.19
20	5	3	0.23
20	5	3	0.24
20	5	3	0.27
20	5	5	0.26
20	5	5	0.29
20	5	5	0.23

Figura 31. Datos de análisis de textura - Día 20.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
25	1	1	0.14
25	1	1	0.14
25	1	1	0.13
25	1	3	0.15
25	1	3	0.14
25	1	3	0.14
25	1	5	0.13
25	1	5	0.17
25	1	5	0.17
25	3	1	0.18
25	3	1	0.20
25	3	1	0.22
25	3	3	0.25
25	3	3	0.25
25	3	3	0.24
25	3	5	0.21
25	3	5	0.19
25	3	5	0.20
25	5	1	0.19
25	5	1	0.20
25	5	1	0.18
25	5	3	0.20
25	5	3	0.20
25	5	3	0.21
25	5	5	0.22
25	5	5	0.23
25	5	5	0.22

Figura 32. Datos de análisis de textura - Día 25.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
30	1	1	0.17
30	1	1	0.16
30	1	1	0.16
30	1	3	0.25
30	1	3	0.24
30	1	3	0.26
30	1	5	0.19
30	1	5	0.21
30	1	5	0.21
30	3	1	0.17
30	3	1	0.19
30	3	1	0.20
30	3	3	0.25
30	3	3	0.26
30	3	3	0.25
30	3	5	0.20
30	3	5	0.22
30	3	5	0.22
30	5	1	0.19
30	5	1	0.19
30	5	1	0.19
30	5	3	0.20
30	5	3	0.20
30	5	3	0.20
30	5	5	0.19
30	5	5	0.19
30	5	5	0.20

Figura 33. Datos de análisis de textura - Día 30.

Tiempos_A	Ozono	Tiempo_C	Textura
35	1	1	0.14
35	1	1	0.13
35	1	1	0.12
35	1	3	0.26
35	1	3	0.25
35	1	3	0.25
35	1	5	0.20
35	1	5	0.20
35	1	5	0.21
35	3	1	0.18
35	3	1	0.20
35	3	1	0.19
35	3	3	0.25
35	3	3	0.26
35	3	3	0.26
35	3	5	0.20
35	3	5	0.21
35	3	5	0.21
35	5	1	0.19
35	5	1	0.17
35	5	1	0.16
35	5	3	0.20
35	5	3	0.19
35	5	3	0.20
35	5	5	0.16
35	5	5	0.15
35	5	5	0.15

Figura 34. Datos de análisis de textura - Día 35.