

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU



FACULTAD DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE OZONO SOBRE LA CARGA MICROBIANA Y APARIENCIA GENERAL DE ARÁNDANOS (*Vacciniun myrtillus*) PREVIO AL ALMACENAMIENTO”

Tesis para optar el Título Profesional de

Ingeniero en Industrias Alimentarias

AUTOR:

GINO ANDRE SANCHEZ BARAZORDA

ASESORA:

Dra. BETTIT KARIM SALVA RUIZ

Lima, Perú

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

TÍTULO DE LA TESIS:

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE OZONO SOBRE LA CARGA MICROBIANA Y APARIENCIA GENERAL DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum*) PREVIO AL ALMACENAMIENTO"

AUTOR:

Nombres y apellidos: GINO ANDRE SANCHEZ BARAZORDA

D.N.I Nº /C.E. Nº	46908390
Financiamiento	Gino Andre Sánchez Barazorda
Ubicación geográfica	Región Lima Lima Metropolitana – distritos Magdalena – Región Callao Epsilon 237
Duración de la investigación	Ene 2020/nov 2021

ASESOR:

Nombres y apellidos	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
BETTIT KARIM SALVÁ RUIZ	09394953	0000-0001-5383-0890

JURADO EXAMINADOR:

Nombres y apellidos	Cargo	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
LUIS ALBERTO TARAMONA RUIZ	Presidente	18080491	0000-0001-7670-3210
OSCAR BENJAMIN JORDAN SUÁREZ	Primer Miembro	43799665	0000-0002-1280-7704
BETTIT KARIM SALVÁ RUIZ	Segundo Miembro	09394953	0000-0001-5383-0890



UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, Distrito de Magdalena del Mar, a las 16:00 horas del día 22 del mes de noviembre del año 2021, se reunió el Jurado Examinador de sustentación y defensa de la Tesis titulada **"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE OZONO SOBRE LA CARGA MICROBIANA Y APARIENCIA GENERAL DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum*) PREVIO AL ALMACENAMIENTO"**, presentado por el bachiller **GINO ANDRE SANCHEZ BARAZORDA** para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias; conformado por los profesores:

Presidente: Dr. Luis Alberto Taramona Ruiz

Primer Miembro: Dr. Oscar Benjamin Jordan Suárez

Segundo Miembro: Dra. Bettit Karim Salvá Ruiz

Instalado el Jurado Examinador, se procedió dar cumplimiento a las etapas:

- El Presidente del jurado invitó al sustentante a realizar su presentación por un tiempo no mayor de 30 minutos.
- Terminado la presentación de la Tesis, el jurado Examinador procedió a realizar preguntas sobre aquellos aspectos pertinentes para determinar los conocimientos sobre el tema y la ejecución de la tesis.
- Luego de escuchar las respuestas a las interrogantes formuladas, el jurado examinador deliberó en privado la calificación de la Tesis y su correspondiente defensa.
- Cada miembro del jurado examinador estableció individualmente su calificación de acuerdo al reglamento de grados y títulos.
- El Presidente del Jurado Examinador verificó la calificación de cada miembro y procedió a establecer la calificación de la tesis en escala vigesimal con la siguiente mención:

SOBRESALIENTE	20 -18 ()
MUY BUENO	17- 16 (X)
BUENO	15 -13 ()
DESAPROBADO	< 13 ()

Finalmente, el Presidente del Jurado invitó al sustentante para recibir el veredicto de la calificación obtenida.

El Jurado Examinador deja constancia con su firma, que el veredicto final de calificación de la Tesis presentado por el Bach. **GINO ANDRE SANCHEZ BARAZORDA** es:

APROBADO

concluye el acto académico, siendo las 16:45 horas del mismo día.

LUIS ALBERTO TARAMONA RUIZ	
OSCAR BENJAMIN JORDAN SUÁREZ	
BETTIT KARIM SALVÁ RUIZ	

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mi padre que en paz descanse, por su apoyo en muchos momentos en el transcurso de la vida. A mi madre, por ayudarme por ser el pilar más importante en mi vida y por demostrarme su cariño y amor incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis hermanos, por compartir momentos especiales juntos y a mi abuela.

Gino André Sánchez Barazorda.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en todo momento, por darme fuerzas, sabiduría y salud para superar los obstáculos en el transcurso de la vida.

A mi madre, por apoyarme siempre en los momentos difíciles demostrando su amor incondicional.

A la Universidad Le Cordon Bleu, por instruirme como profesional donde pasé una parte de mi vida importante.

A mis maestros, por su dedicación y compromiso a lo largo de mi estadía en la Universidad.

RESUMEN

El creciente número de brotes provocados por microorganismos patógenos asociados a su consumo en fresco y el rápido deterioro de frutas como los arándanos, principalmente causado por mohos, ha llevado al desarrollo y evaluación de alternativas que ayuden a mitigar este problema. En el presente proyecto de investigación se planteó evaluar el efecto de la aplicación de ozono sobre la carga microbiana y apariencia general de arándanos (*Vaccinium myrtillus*) previa al almacenamiento. Para la evaluación de la reducción de la carga microbiana, las muestras fueron expuestas a tres tratamientos a concentraciones y tiempos de exposición diferentes, junto con una muestra testigo, que fueron analizadas en laboratorio. El análisis de la calidad sensorial se basó en la prueba de JAR combinada con escalas hedónicas y una evaluación sensorial según la preferencia del producto. Finalmente, se estudió el efecto del tratamiento de ozono aplicado sobre la vida útil del producto. Una concentración de 5 ppm de ozono gaseoso por 5 minutos de contacto fue el valor óptimo para reducir al máximo la carga microbiana evaluada (RED significativo – $p > 0.050$). Por otro lado, ninguna de las propiedades organolépticas analizadas presentó diferencias significativas entre las muestras tratadas y sin tratar, presentando un buen grado de aceptación por el consumidor. La vida útil de los arándanos mostró un efecto positivo hasta el día 5 bajo los valores óptimos de exposición. Se concluye que, los resultados muestran la viabilidad del tratamiento propuesto como posible alternativa para desinfección de arándanos previo al almacenamiento.

Palabras claves: Ozono, arándanos, análisis sensorial, carga microbiana, características organolépticas.

ABSTRACT

The increasing number of outbreaks caused by pathogenic microorganisms associated with its consumption fresh and the rapid deterioration of fruit like blueberries, mainly caused by molds, has led to the development and evaluation of alternatives that help mitigate this problem. In this research project, it was proposed to evaluate the effect of ozone application on the microbial load and general appearance of blueberries (*Vaccinium myrtillus*) prior to storage. For the evaluation of the reduction of the microbial load, the samples were exposed to three treatments at different concentrations and exposure times, together with a control sample, which were analyzed in laboratory. The analysis of sensory quality was based on the JAR test combined with hedonic scales and a sensory evaluation according to the preference of the product. Finally, the effect of the ozone treatment applied on the useful life of the product was studied. A concentration of 5 ppm of gaseous ozone per 5 minutes of contact was the optimal value to reduce the microbial load evaluated to the maximum (RED significant - $p > 0.050$). On the other hand, none of the organoleptic properties analyzed showed significant differences between the treated and untreated samples, presenting a good degree of acceptance by the consumer. The shelf life of blueberries showed a positive effect until day 5 under optimal exposure values. It is concluded that the results show the viability of the proposed treatment as a possible alternative for disinfection of blueberries prior to storage.

Key words: Ozone, blueberries, sensory analysis, microbial load, organoleptic characteristics.

INDICE GENERAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Antecedentes de la investigación.....	3
2.2 Bases teóricas.....	4
2.2.1 Ozono.....	4
2.2.2 Arándanos (<i>Vaccinium myrtillus</i>).....	9
2.2.3 Técnicas de conservación de alimentos.....	13
2.2.4 Microorganismos.....	14
2.2.5 Evaluación sensorial.....	16

	viii
2.3 Definición de términos.....	20
III. MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1 Materiales.....	22
3.1.1 Materias Primas.....	22
3.1.2 Insumos	22
3.1.3 Equipos y materiales	22
3.2 Metodología	23
3.2.1. Flujograma experimental.....	23
3.2.2 Distribución de tratamiento.....	25
3.2.3. Efecto del ozono en la carga microbiana de los arándanos.....	27
3.2.4. Efecto del ozono en la calidad sensorial de los arándanos.....	27
3.2.5. Efecto del ozono en el tiempo de vida útil sensorial de los arándanos	28
3.2.6. Análisis estadístico.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1. Efecto del ozono en la carga microbiana de los arándanos	31
4.1.1. Reducción de la carga microbiana en arándanos con ozono	31
4.2. Efecto del ozono en la calidad sensorial de los arándanos	33
4.2.1. Prueba de JAR	34
4.2.2. Evaluación sensorial.....	37

4.2.2.1. Color	37
4.2.2.2. Olor	39
4.2.2.3. Sabor	41
4.2.2.4. Textura.....	43
4.2.2.5. Aceptabilidad general	45
4.2.2.6. Análisis grupal.....	47
4.2.2.7. Preferencia.....	48
2.3. Vida útil sensorial.....	50
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
VIII. ANEXOS.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características físico-químicas del ozono	5
Tabla 2.	Distribución experimental de tratamientos en base a diferentes concentraciones de ozono y tiempo de exposición.	26
Tabla 3.	Recuentos microbiológicos (UFC/g) observados en arándanos tratados con y sin ozono según dosis y tiempo de exposición.	31
Tabla 4.	Resultados de los análisis de la escala JAR (3 niveles)	34
Tabla 5.	Resultados de la prueba de Friedman de las cinco características organolépticas analizadas entre las muestras 1 y 2.....	48
Tabla 6.	Resultados de la prueba de correlación entre las características de Textura y Aceptabilidad.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Poscosecha del fruto Arándano (<i>Vaccinium myrtillus</i>).	9
Figura 2. Dinámica de la producción mundial de arándanos.....	11
Figura 3. Perú, producción de arándanos y áreas sembradas	12
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de los arándanos.....	23
Figura 5. Reducción del paso logarítmico de mesófilos aeróbicos y, mohos y levaduras con la aplicación de los diferentes tratamientos las muestras de arándanos.	32
Figura 6. Resultados porcentuales de los análisis de la escala JAR (3 niveles)	36
Figura 7. Diagrama de caja de la Muestra 1 y Muestra 2 y resultados de la prueba de Friedman del análisis sensorial con respecto a la característica Color	38
Figura 8. Ilustración Muestra 1 vs. Muestra 2	38
Figura 9. Diagrama de caja de la Muestra 1 y Muestra 2 y resultados de la prueba de Friedman del análisis sensorial con respecto a la característica Olor	40
Figura 10. Diagrama de caja de la Muestra 1 y Muestra 2 y resultados de la prueba de Friedman del análisis sensorial con respecto a la característica Sabor.....	42
Figura 11. Diagrama de caja de la Muestra 1 y de la Muestra 2 y resultados de la prueba de Friedman del análisis sensorial con respecto a la característica Textura.....	44
Figura 12. Diagrama de caja de la Muestra 1 y Muestra 2 y resultados de la prueba de Friedman del análisis sensorial con respecto a la característica Aceptabilidad general	46
Figura 13. Diferencias de preferencias entre la Muestra 1 Muestra 2	49

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Equipo generador de ozono	68
Anexo 2. Equipo medidor de ozono	69
Anexo 3. Encuesta para la evaluación sensorial	71
Anexo 4. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Color	74
Anexo 5. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Olor	76
Anexo 6. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Sabor	77
Anexo 7. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Textura.....	78
Anexo 8. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Aceptabilidad general	79

I. INTRODUCCION

El arándano pertenece a la familia *Ericaceae*, subfamilia *Vaccinoideae*, género *Vaccinium*, y es originario de las regiones de América del Norte y Europa, donde se cultiva y comercializa ampliamente (Magro, y otros, 2014). Perú es uno de los mayores productores de arándanos con una producción media de más de unas 94,805 toneladas de arándanos en el año 2018, en los últimos 5 años, entre el 2015 al 2019, las exportaciones de arándano han tenido un crecimiento constante (Minagri, 2019), según Adex (2018) Perú se ubicó en el segundo lugar, como país exportador de arándano, con una participación del 15% del total exportado.

En el Perú, dada la diversidad de climas existentes se puede producir arándanos durante todo el año (MINAGRI, 2016). No obstante, la descomposición poscosecha, el ablandamiento de la fruta, los trastornos fisiológicos y la pérdida de agua son los principales factores que limitan la comercialización y la aceptabilidad del consumidor de los arándanos frescos (Greco, y otros, 2012), asimismo deben protegerse de factores de riesgo como microorganismos y otros factores ambientales (Piechowiak, y otros, 2019).

Los arándanos son muy perecederos y normalmente se comercializan poco después de la cosecha. El almacenamiento en atmósfera controlada (CA) y el envasado en atmósfera modificada (MAP) se han utilizado para extender la temporada de comercialización de arándanos frescos (Mahajan, y otros, 2017).

En este sentido, los hongos asociados con enfermedades del arándano son principalmente *Alternaria tenuissima*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum* y *Colletotrichum gloeosporioides* (Chun, y otros, 2013). En particular, *B. cinerea* es un

patógeno vegetal omnipresente que causa la enfermedad del moho gris que contribuye a importantes pérdidas económicas.

En consecuencia, la búsqueda de estrategias alternativas seguras y efectivas de descontaminación (microorganismos humanos patógenos y no patógenos) para obtener bayas frescas de alta calidad constituye un desafío permanente para la comunidad científica. En este sentido, el ozono es un potente agente antimicrobiano con numerosas aplicaciones potenciales en la industria alimentaria (Martinelli, y otros, 2017).

Por lo que, se ha considerado el tratamiento de productos alimenticios con gas oxígeno activo (ozono) como método alternativo de desinfección, debido a que es un desinfectante rentable y ecológico con un amplio espectro de actividades antimicrobianas gracias a su potente efecto oxidante (Horvitz y Cantalejo, 2014).

El ozono (principalmente en fase gaseosa) ha sido probado en frutos rojos como tratamiento poscosecha contra microflora nativa y / o microorganismos inoculados artificialmente, tales como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria innocua*, *Alternaria* y *Penicillium*spp. (Pangloli y Hung, 2013; Contigiani, y otros, 2018). Los resultados sobre la efectividad del ozono son de alguna manera contradictorios (Brodowska, y otros, 2018).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de ozono sobre la carga microbiana y apariencia general de arándanos (*Vaccinium myrtillus*) previa al almacenamiento, para lo cual se determinó los parámetros adecuados de concentración de ozono y tiempo de exposición para una máxima reducción de bacterias (mesófilos aeróbicos) y hongos presentes en los arándanos, así como también se evaluó la calidad sensorial de los arándanos control y tratados con ozono.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

El presente estudio se sustenta en varios antecedentes, entre los que se destaca el estudio de Varese, y otros, (2015), que tuvo como objetivo evaluar el efecto del tiempo de exposición al ozono gaseoso sobre las características de calidad en arándanos, obteniendo como resultado que con una exposición de 20 minutos al ozono se consiguió el menor recuento de mohos y levaduras.

El trabajo de Andrade y otros, (2019), en el que evaluaron el uso de ozono gaseoso para el control de microorganismos en frutas andinas: mora (*Rubus glaucus*), uvilla (*Physalis peruviana*) y naranjilla (*Solanum quitoense*), obteniendo una mejora en la calidad microbiológica de estos productos aumentando su almacenamiento hasta 18, 21 o 28 días según el tipo de fruta.

Además, a nivel internacional se tiene el trabajo de Piechowiak y otros, (2019), en el que se evaluó el impacto del innovador procedimiento de ozonización sobre el estado microbiano y el potencial antioxidante del arándano alto (*Vaccinium corymbosum L.*) almacenado en condiciones de almacenamiento en frío, obteniendo que 5 ppm durante 30 min, generó ausencia de síntomas de infección por moho gris en comparación con el 27,5% de la fruta testigo, concluyendo que el proceso de ozonización permitió mantener un alto potencial antioxidante de la fruta y reducir sustancialmente las pérdidas de flavonoides, antocianinas y vitamina C.

Finalmente, se tiene el trabajo de Concha y otros, (2014), que tuvo como objetivo determinar la vida útil de arándanos frescos (*Vaccinium corymbosum*) almacenados en atmósfera

controlada y ozono, para lo cual se evaluó el crecimiento de levaduras y mohos, la pérdida de peso y la firmeza; obteniendo que el O₃ no retrasó ni inhibió el crecimiento de levaduras y mohos en los arándanos después de 10 días, concluyendo que las bajas concentraciones de gas ozono junto con una temperatura de refrigeración adecuada pueden ayudar a proteger la calidad de los arándanos frescos durante el almacenamiento.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ozono

El ozono (O₃), o trioxígeno es un oxidante fuerte, mucho menos estable que el O₂ y se degrada con una vida media de 20 a 50 min a temperatura ambiente hasta alcanzar el O₂ normal; en la actualidad tiene una larga historia de uso seguro en muchos campos, principalmente en las industrias de productos farmacéuticos y lubricantes, y materiales sintéticos. También se utiliza para blanquear sustancias, controlar microorganismos en fuentes de agua, erradicar parásitos transmitidos por el agua y blanquear la pulpa de madera y papel (Jian, y otros, 2013).

También se utiliza para tratar el aire de una habitación fría, eliminar los olores y mejorar el sabor (Remondino y Valdenassi, 2018). Una vez que se ha descompuesto, el O₃ no deja sabor ni olor en los materiales tratados, lo cual es ideal para su uso en el campo de la alimentación (Piechowiak, y otros, 2019). En la Tabla 1, se muestran las características físico-químicas del ozono:

Tabla 1. Características físico-químicas del ozono

Características	Detalle
Color	o Azul (generado del aire) o Incoloro (generado de oxígeno puro) o Azul oscuro (fase líquida)
Olor	Acre
Punto de fusión	$-192.5 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$
Punto de ebullición	$-119.9 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$
Temperatura crítica	-12.1°C
Presión crítica	54.6 atm
Densidad	2.14 g/L a 0°C .
Potencial óxido-reducción	207 V
Peso molecular	47.9982 g/mol
Solubilidad en agua, ppm a 20°C	3
Calor de formación	144.7 KJ/mol
Gravedad específica	1.658

Fuente: Manoj y Sabikhi, 2019

2.2.1.1 Ventajas y desventajas del tratamiento con ozono

La principal ventaja del tratamiento con ozono es probablemente la característica no residual del proceso, dado que a diferencia de los métodos químicos (formaldehído, alcohol etílico), que dejan compuestos residuales, lo cuales pueden poseer propiedades carcinógenas con un

impacto negativo en la salud humana; el tratamiento con ozono está libre de residuos químicos (Brodowska, y otros, 2018).

Además, el tratamiento con ozono es un sustituto prometedor de la fumigación convencional en uso (SO_2), que se puede aplicar a todo tipo de alimentos, desde frutas, verduras, especias, carnes, productos del mar hasta bebidas (Tapp y Rice, 2012). Una cuestión importante es que, independientemente del estado del producto, puede utilizarse tanto para alimentos frescos como congelados. Dado que se ha comprobado que el ozono es efectivo para reducir la contaminación microbiana (microorganismos patógenos y no patógenos) de un producto alimenticio sin tener un efecto desfavorable en su calidad visual, textural y nutricional (Contigiani, y otros, 2018). Además, el tratamiento con ozono se considera una tecnología de procesamiento de alimentos rentables y ecológicos, dado que, el uso de ozono puede ser beneficioso debido a los menores costos de compra y mantenimiento de las unidades de suministro de ozono en comparación con el costo de los desinfectantes (Glowacz, y otros, 2014).

Con respecto a las desventajas de este método, primero, los microorganismos poseen una sensibilidad diferente al ozono que depende de varios factores, incluyendo el tipo de producto, el microorganismo objetivo, el nivel inicial de contaminación, el estado fisiológico de las células bacterianas, el estado físico del ozono, así como el tipo de un material orgánico (Joanna, y otros, 2018). El hecho de que la eficacia del tratamiento con ozono esté fuertemente determinada por tantos factores puede causar algunas limitaciones en la selección de una dosis de ozono suficientemente eficaz (Cavalcante, y otros, 2013). Además, se debe tener cuidado si se requieren concentraciones más altas de ozono para reducir los

recuentos microbianos, ya que puede afectar negativamente la preservación de la calidad de los alimentos por la aparición de síntomas tóxicos (Horvitz y Cantalejo, 2014).

En el tratamiento y desinfección de los alimentos, lo más relevante es la reducción del contenido de vitaminas, polifenoles y compuestos volátiles, así como los cambios de color y pérdida de firmeza, agua y peso. No obstante, la mayoría de estos cambios también pueden ser inducidos por métodos tradicionales de conservación de los alimentos, como cocción, enlatado, decapado, congelación y secado, entre otros (Miller, y otros, 2013).

Otra desventaja de la aplicación de ozono en los alimentos es su escasa aceptabilidad por parte de los consumidores, ya que se cree que tiene propiedades de toxicidad. Sin embargo, en los últimos años la percepción del consumidor ha cambiado y el ozono ha llamado la atención, por ser una alternativa al cloro que posee un impacto negativo en la salud y en la seguridad humana (Aday, y otros, 2014).

2.2.1.2 Mecanismo de acción antimicrobiana del ozono

Algunos investigadores sugirieron que posiblemente existen dos mecanismos principales de inactivación de microorganismos por el ozono. El primero incluye la oxidación de grupos sulfhidrilo y aminoácidos de enzimas, péptidos y proteínas para producir péptidos más pequeños durante la exposición al ozono, mientras que el segundo mecanismo implica la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados a peróxidos ácidos. Se afirma que la inactivación de microorganismos ocurre debido al daño a la envoltura celular, o su desintegración, lo que conduce a la posterior fuga de contenido celular y lisis celular (Aday, y otros, 2014).

2.2.1.3 Susceptibilidad de los microorganismos al ozono

Numerosos estudios han confirmado el efecto bactericida del ozono en una variedad de microorganismos, incluidas las bacterias Gram positivas y Gram negativas, así como las formas de esporas y las células vegetativas (Brodowska, y otros, 2018). La eficacia antimicrobiana varía significativamente según las condiciones experimentales. Por tanto, no es factible comparar los resultados de la sensibilidad al ozono de diferentes bacterias (Contigiani, y otros, 2018).

En este sentido, se ha informado de investigaciones (Joanna, y otros, 2018) que tuvieron como objetivo evaluar el efecto del ozono en los microorganismos relacionados con los alimentos, incluidas las bacterias Gram-positivas (*Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*), Gram-negativas (*Pseudomonas aeruginosa*, *Yersinia enterocolitica*), también levaduras (*Candida albicans*, *Zygosaccharomyces bailli*) y mohos (*Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*).

2.2.1.4 Producción de ozono

Existen diferentes formas de producir ozono, puede ser generado por la exposición de aire u otra mezcla de gases que contenga oxígeno a una fuente de energía como un campo eléctrico de alta energía (método de descarga de corona), radiación ultravioleta (método físico) o conversión de moléculas de oxígeno (O_2) al ozono (O_3) (método químico). Sin embargo, debe generarse justo antes de su uso debido a su rápida degradación y como no se puede acumular, el ozono debe producirse continuamente cuando sea necesario. Otros métodos de generación de ozono incluyen electrólisis, reacción de fósforo elemental con agua y producción radioquímica, pero estos procedimientos no son rentables para la industria alimentaria o se encuentran en sus primeras etapas de desarrollo (Tapp y Rice, 2012).

2.2.2 Arándanos (*Vaccinium myrtillus*)

La planta de arándano (Figura 1) es un arbusto de bajo crecimiento originario del norte de Europa, pero ahora también se encuentra en partes de América del Norte y Asia. El arándano generalmente crece en brezales, prados y bosques de coníferas húmedos, y su crecimiento se ve favorecido por la sombra moderada y las condiciones del suelo moderadamente húmedo. El arándano es un fruto pequeño (5-9 mm de diámetro), de color negro azulado y con muchas semillas (Chu, y otros, 2011).



Figura 1. Poscosecha del fruto Arándano (*Vaccinium myrtillus*).

El arándano se vende como bayas enteras frescas, congeladas y secas, así como en forma de conservas, mermeladas y jugos y, cada vez más, los concentrados líquidos o en polvo se venden como complementos alimenticios. El arándano contiene una variedad de compuestos fenólicos, incluidos flavonoles (quercetina, catequinas), taninos, elagitaninos y ácidos fenólicos, pero las antocianinas hacen la mayor contribución a su mezcla fitoquímica

(Nestby, y otros, 2011). A continuación, se muestra la clasificación taxonómica del arándano descrita por Retamales y Hancock (2018):

Reino: Vegetal

Orden: Ericales

Familia: Ericáceas

Subgénero: Cyanococcus

Género: *Vaccinium*

Especies: *V. corymbosum*

2.2.2.1 Composición química del arándano

Generalmente, los arándanos en forma fresca consisten en agua (84%), carbohidratos (9,7%), proteínas (0,6%) y grasas (0,4%). El valor energético medio de una ración de 100 g de arándanos frescos se estima en 192 kJ. Los arándanos también son una buena fuente de fibra dietética que constituye del 3,0% al 3,5% del peso de la fruta. Además del sabor, el principal interés de esta fruta se debe al contenido moderado de vitamina C, ya que 100 g de arándanos aportan en promedio 10 mg de ácido ascórbico, lo que equivale a 1/3 de la ingesta diaria recomendada (Michalska y Łysia, 2015).

2.2.2.2. Producción mundial de arándanos

Según la FAO (2015), Estados Unidos es el mayor productor de arándanos, con una producción promedio de más de 200 mil toneladas (2009-2013), lo que representa más de la mitad de la producción mundial. El segundo país es Canadá (promedio de 93 000 toneladas) y el tercero es Polonia (10 600 toneladas). Sin embargo, el informe del North American

Blueberry Council (NABC), apunta a un alta (y creciente) producción de arándanos en los países de América del Sur, principalmente Chile (Brazelton, 2015).

La producción mundial de arándanos está creciendo rápidamente (ver Figura 2). En 1965, ascendía a sólo 33 mil toneladas, mientras que en 2012 superó las 420 mil toneladas. En los Estados Unidos, el arándano se cultiva en casi todos los estados, pero alrededor del 70% de la producción total proviene de Maine, Michigan, Nueva Jersey, Oregón y Georgia, mientras que en Europa, el arándano se cultiva en casi todos los países miembros de la UE (68 000 toneladas) y en algunos países de Europa del Este (28 000 toneladas) (Michalska y Łysia, 2015). En la actualidad, los arándanos se producen en todos los continentes.

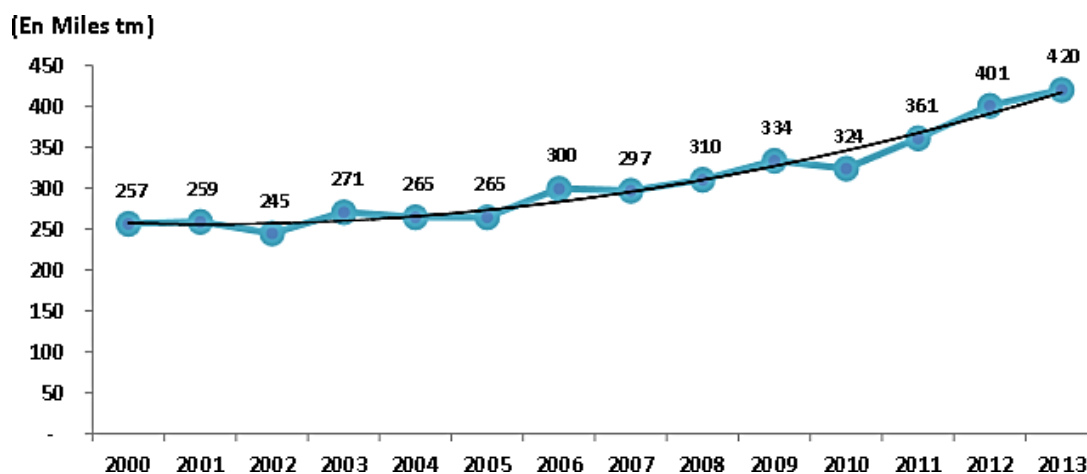


Figura 2. Dinámica de la producción mundial de arándanos

Fuente MINAGRI, (2016)

2.2.2.3. Producción nacional de arándanos

En el Perú, la producción de arándanos ha crecido exponencialmente en los últimos años; el último reporte del 2019 Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), establece que la

producción nacional alcanzó un valor de 94 805 toneladas, lo que representó un incremento de 796% respecto al 2015 y 81% respecto al 2017, el área de arándano pasó de las 1 158 hectáreas a 6 011 hectáreas, es decir creció en 419%. Los rendimientos también mejoraron ya que, en el 2015, el rendimiento promedio nacional era de 9 145 kilogramos por hectárea, mientras que en el 2018 alcanzó los 15 771 kilogramos por hectárea debido a la mejora en la técnica de siembras y cosecha (ver Figura 3).

En cuanto a la producción nacional por regiones, cabe precisar que la mayor parte de ésta se encuentra concentrada en la región La Libertad, que presenta aproximadamente un 90% del total producido y exportado por el país, le siguen con volúmenes poco significativos generados en Ancash, Arequipa, Cajamarca, Ica, Lima y Lambayeque (Sierra Exportadora, 2012).

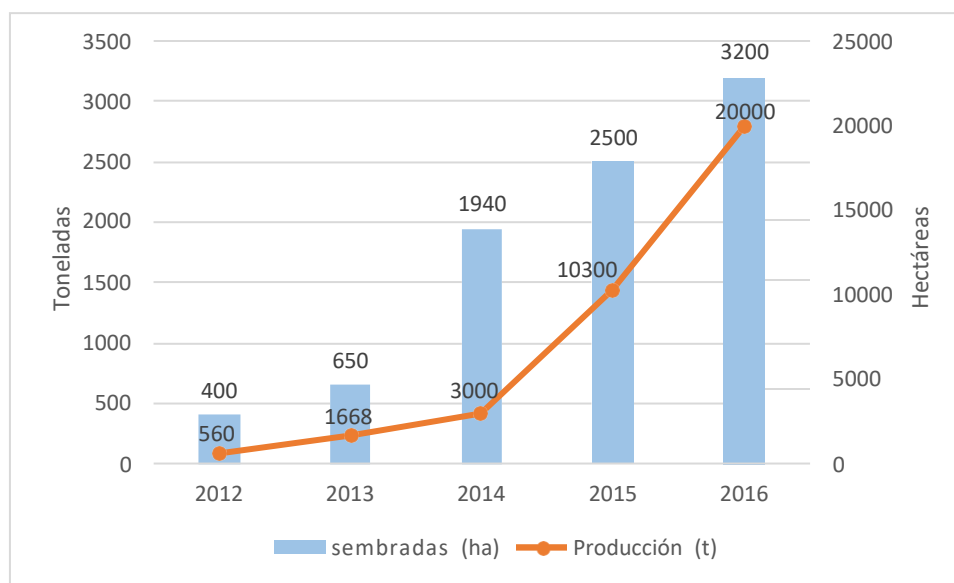


Figura 3. Perú, producción de arándanos y áreas sembradas

Fuente: MINAGRI, (2016)

Por otro lado, en materia de exportaciones de arándanos frescos solo en el periodo enero-mayo del año 2019, alcanzaron un valor FOB de US\$ 84 millones, lo cual significó un

incremento de 73% en comparación a los US\$ 50 millones registrados durante el mismo periodo del año 2018 (MINAGRI, 2016).

Actualmente, Perú se ha posicionado entre los primeros proveedores de arándanos a nivel mundial. Durante la campaña 2020/2021, Perú superó las 160mil toneladas de arándanos frescos anuales exportados, con 89% de las exportaciones peruanas de arándano concentradas a dos destinos: EE UU (54% de participación) y Europa (35%) (Romainville , 2021).

2.2.3 Técnicas de conservación de alimentos

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Este deterioro puede ser causado por microorganismos y/o por una variedad de reacciones físico-químicas que ocurren después de la cosecha. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos. Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos consiste en exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo, a uno o más factores adversos) para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar su muerte. Ejemplos de tales factores son la acidez (por ejemplo, bajo pH), la limitación del agua disponible para el crecimiento (por ejemplo, reducción de la actividad de agua), la presencia de conservadores, las temperaturas altas o bajas, la limitación de nutrientes, la radiación ultravioleta y las radiaciones ionizantes. Desafortunadamente, los microorganismos han desarrollado distintos mecanismos para resistir los efectos de estos factores ambientales de estrés (Alzamora, y otros, 2010).

2.2.4 Microorganismos

Los microorganismos son seres vivos identificados por primera vez a mediados del siglo XVII con el uso de un microscopio simple. Estos organismos uni o pluricelulares, eucariotas o procariotas son estudiados específicamente por una rama de la ciencia biológica que es la microbiología y se clasifican en cuatro grupos: bacterias, virus, hongos y parásitos; cada uno de estos grupos posee aspectos diferentes en cuanto a su relación, estructura, morfología, nutrición y reproducción (Vargas y Villazante, 2014). Las bacterias, los mohos y las levaduras son los microorganismos más importantes que provocan el deterioro de los alimentos (ANMAT, 2014).

2.2.4.1 Clasificación de los microorganismos

2.2.4.1.1 Mohos y levaduras

Aunque la mayoría de las levaduras y mohos son aerobios obligados (requieren oxígeno libre para el crecimiento), su requerimiento ácido/alcalino para el crecimiento es bastante amplio, oscilando entre pH 2 y un valor superior a 9. Su rango de temperatura (10-35 ° C) también es amplia, con algunas especies capaces de crecer por debajo o por encima de este rango. Los requisitos de humedad de los mohos transmitidos por los alimentos son relativamente bajos; la mayoría de las especies pueden crecer con una actividad de agua (a_w) de 0,85 o menos, aunque las levaduras generalmente requieren una mayor actividad de agua (Camacho, Giles, y otros, 2009).

Tanto las levaduras como los mohos provocan diversos grados de deterioro y descomposición de los alimentos. Pueden invadir y crecer en prácticamente cualquier tipo de alimento en

cualquier momento; invaden cultivos como granos, nueces, frijoles y frutas en los campos antes de la cosecha y durante el almacenamiento (Majumdar, y otros, 2017).

La contaminación de los alimentos por levaduras y mohos puede resultar en pérdidas económicas sustanciales para el productor, el procesador y el consumidor. Los métodos de recubrimiento por dilución y recubrimiento directo pueden usarse para detectar hongos en los alimentos. El método de recubrimiento directo es más eficiente que el método de recubrimiento por dilución para detectar especies de moho individuales, incluida la mayoría de los productores de toxinas, pero es menos efectivo para detectar levaduras (Dao y Dantigny, 2011).

2.2.4.1.2 Bacterias

Las bacterias son el grupo más grande de microorganismos unicelulares y se clasifican en cocos o células esféricas; bacilos o células cilíndricas o en forma de bastón; y formas espirales o curvas. Las bacterias patógenas o causantes de enfermedades suelen ser gramnegativas; sin embargo, se sabe que tres bacilos Gram positivos causan intoxicaciones alimentarias: *Clostridium botulinum*, *C. perfringens* y *Bacillus cereus*. Algunas de las otras bacterias más comunes que causan el deterioro de los alimentos, infecciones y enfermedades son *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Escherichia*, *Proteus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Arcobacter*, *Salmonella*, *Lactococcus*, *Serratia*, *Campylobacter*, *Shigella*, *Citrobacter*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Corynecoccus*, *Microbacter*, *Vibrio* *Enterobacter*, *Paenibacillus*, *Weissella*, *Enterococcus*, *Yersinia* (Erkmen, 2014).

2.2.4.1.3 Microorganismos aerobios mesófilos

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos, ya que se trata de un grupo bastante heterogéneo. En este grupo se incluyen todas las bacterias que en condiciones de aerobiosis muestran capacidad para formar colonias visibles, a temperatura óptima para los mesófilos bajo las condiciones en las cuales se ejecuta el ensayo con crecimiento. Refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima y la forma como fueron manipulados durante su elaboración (ANMAT, 2014).

2.2.4.2 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de alimentos suele incluir los recuentos de bacterias heterótrofas, mohos y levaduras, bacterias coliformes, *E. coli*, bacterias esporuladas mesofílicas y termofílicas, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, bacterias lácticas, y la presencia o ausencia de *Listeria* y *Salmonella*, según el tipo de producto analizado y el destino de este (Rodríguez, y otros, 2010).

2.2.5 Evaluación sensorial

La disciplina de la respuesta hedónica floreció rápidamente en el siglo XX junto con el crecimiento de las industrias de procesamiento de alimentos y abarca un conjunto de técnicas necesarias para la medición precisa de las reacciones humanas a los productos alimenticios y, de las percepciones del consumidor (Spence, 2016). Según el Instituto de Tecnólogos de Alimentos (IFT, 2007), la evaluación sensorial es un método científico que se utiliza para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos, según se perciben a través de los sentidos de la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto. La evaluación sensorial ha

surgido como un componente esencial del desarrollo de productos alimenticios y los estándares para establecer, probar, analizar e interpretar los resultados sensoriales (Sirangelo, 2019).

2.2.5.1 Análisis sensorial

Consiste en analizar las características de un producto alimenticio a través de los sentidos, y se describen brevemente a continuación:

- **Apariencia:** es la primera característica percibida por los sentidos humanos y juega un papel importante en la identificación y selección final de los alimentos. Esta es la percepción visual de los alimentos compuesta de color, forma, tamaño, brillo, opacidad y transparencia. La apariencia de una comida ha mostrado un impacto sobre la estimulación del apetito o su depresión. El aspecto de un alimento o bebida afecta el deseo y la aceptación, antes de que el producto toque los labios y esto se debe a que comemos con los ojos antes de oler o saborear (Spence, 2016).
- **Sabor:** Es un fenómeno sensorial que se utiliza para denotar las sensaciones de olor, gusto y sensación en la boca. Las sustancias aromatizantes son compuestos que se conciben por la combinación de sabor y olor y se perciben por la boca y la nariz. El olor mejora el placer de comer, y el sabor ayuda en la identificación, aceptación y apreciación de los alimentos (Velasco y Nijholt, 2018).
- **Aroma:** es un compuesto volátil que es percibido por los receptores de olores de los tejidos olfativos de la cavidad nasal y los compuestos aromáticos se liberan durante el proceso de masticación. El olfato valora el aroma de la comida, por lo que es importante en la gratitud del sabor, un olor agradable hace que la comida sea deliciosa. Para provocar una sensación de olfato, la sustancia debe estar en un estado gaseoso, además, el aroma

es valioso para percibir alimentos frescos, rancios o intermitentemente venenosos (Kamran, y otros, 2017).

- La textura: se percibe mediante una combinación de sentidos, es decir, el tacto, el tacto, la vista y el oído, y es una de las características más imperativas de un alimento. La textura es un requisito previo para la aceptación de numerosos productos alimenticios. También incluye la consistencia, grosor, fragilidad, masticabilidad y el tamaño y forma de las partículas en los alimentos. El analizador de textura es útil para garantizar la textura objetivo desde el laboratorio hasta la cocina del usuario (Kamran, y otros 2017).

2.2.5.2 Principios de una buena prueba sensorial

La evaluación sensorial requiere varios tipos de controles que influyen en la sensibilidad de las pruebas. Los principales controles ambientales incluyen la eliminación de distracciones psicológicas, olores irrelevantes y estimulación lumínica, con el objetivo final de proporcionar un entorno propicio. Preferiblemente, las pruebas sensoriales deben realizarse utilizando instalaciones especialmente diseñadas. Sin embargo, donde tales instalaciones no existen, los investigadores deben crear un ambiente lo más cerca comfortable posible (Endrizzi, y otros, 2014).

2.2.5.3 Métodos de evaluación sensorial

La evaluación sensorial juega un papel importante en el control de calidad y la comercialización de los productos y por lo tanto, se utiliza con frecuencia en las industrias alimentarias para el desarrollo de nuevos productos y la modificación de recetas de los productos. Además, se lleva a cabo para conocer las diferencias entre los productos, la naturaleza de la diferencia y la posible aceptación o rechazo de los productos en función de las diferencias (Lawless, 2013).

Las características sensoriales de los productos alimenticios se pueden evaluar utilizando métodos discriminatorios, diferenciales, descriptivos y afectivos, dentro de cada categoría hay varias pruebas sensoriales que se pueden realizar (Ortega, Gómez, Pablos, y González, 2019), no obstante, de acuerdo con Kamran et al. (2017), en la práctica son comunes dos tipos de pruebas sensoriales:

- Las pruebas objetivas suelen ser realizadas por panelistas capacitados y proporcionan datos objetivos sobre las propiedades sensoriales de los productos. Estos se dividen además en dos clases, es decir, pruebas de discriminación y descriptivas. Las pruebas de discriminación son útiles en la evaluación de diferencias sensoriales entre las muestras, mientras que las pruebas descriptivas elaboran más la naturaleza o magnitud de las diferencias sensoriales.
- Las pruebas subjetivas entregan datos subjetivos sobre la aceptabilidad, agrado y preferencia de los productos. Estos son generalmente realizados por jueces sin experiencia.

Dentro de las técnicas más utilizadas para obtener información sobre la percepción de los consumidores de los atributos sensoriales de un producto se encuentran las escalas de punto ideal o Just-About-Right (JAR) y las preguntas de gusto por atributos (Ortega, y otros, 2019).

La escala JAR es una herramienta confiable para estudiar la adecuación de los atributos sensoriales y generalmente tienen cinco puntos para evaluar si hay mucho menos o mucho más para un atributo "casi correcto" (Narayanan, y otros, 2014). Este método proporciona una guía para la reformulación del producto o una mejor comprensión de la adecuación de los atributos en relación con el agrado en términos de dirección, con el supuesto de que la puntuación hedónica máxima se producirá en el punto "casi correcto" (Li, y otros, 2015).

2.3 Definición de términos

- Análisis sensorial: implica la inspección de un producto por los sentidos, es decir, vista, olfato, gusto, tacto y oído para diversos atributos de calidad como apariencia, sabor, aroma, textura y sonido (Singh y Maharaj, 2014).
- Análisis microbiológico de productos alimenticios: es el uso de métodos biológicos, bioquímicos, moleculares o químicos para la detección, identificación o enumeración de microorganismos en un material, a menudo se aplica a microorganismos causantes de enfermedades y deterioro (Erkmen, 2014).
- Bacterias: son organismos microscópicos unicelulares que se caracterizan por la presencia de un núcleo incipiente y pocos orgánulos celulares sin membrana (Vargas y Villazante, 2014).
- Escala JAR: evalúa la idoneidad de un atributo en relación con el nivel ideal hipotético de uno que está predefinido (Li, y otros, 2015).
- Microorganismos: seres vivos que son tan pequeños, que solo pueden ser vistos a través de un microscopio (Vargas y Villazante, 2014).
- Microorganismos aerobios mesófilos: En este grupo se incluyen todos los microorganismos, capaces de desarrollar en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C (ANMAT, 2014).
- Mohos y levaduras: la mayoría son aeróbicos, aunque hay algunas especies facultativas. Su nutrición es heterótrofa, adquieren su energía de compuestos orgánicos del suelo y del agua y son hongos unicelulares de forma esférica, alargada u ovalada, presentan diferentes colores. Su tamaño oscila entre 2,5 – 10 micrómetros de ancho y 4,5 - 21

micrómetros de largo. Son microorganismos anaerobios facultativos (Campuzano, y otros, 2015).

- Tiempo de vida útil: Se entiende por tiempo de vida útil de un alimento al período que transcurre entre la fabricación o empaquetado del mismo y el punto en el que sus cualidades fisicoquímicas y/u organolépticas se pierden con riesgo de presencia de microorganismos, dejando de ser seguro para el consumidor; es otras palabras, es el tiempo que transcurre desde su producción hasta su deterioro (Carrillo, 2013).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materias Primas

Arándanos: adquiridos en el mercado de Frutas (San Luis) Lima. Concesionaria Rocío Eugenio Villegas, Puesto 710, cosechadas en plena madurez sensorial, y sin presencia de daños físicos o por infección por hongos.

3.1.2 Insumos

- Agua destilada
- Alcohol etílico al 96% de pureza
- Peptona
- Petri film para recuentos de Mesófilos
- Petri film para recuentos de mohos y levadura

3.1.3 Equipos y materiales

- Generador de ozono corona de descarga modelo HF327 Voltaje AC220V (Anexo 1).
- Refrigerador.
- Equipo portátil de medidor de ozono Bosean, modelo BH-90A, rango de medición de 0.00 –100.00 ppm (Anexo 2).
- Termómetro digital.
- Balanza analítica electrónica.
- pHmetro.
- Cámara fotográfica digital.
- Cronómetro.

- Computadora.
- Probetas pyrex de 10, 100 y250 mlc/u.
- Vasos de precipitación pyrex de 100, 250 y600ml c/u.

3.2 Metodología

3.2.1. Flujograma experimental

En la Figura 4, se presenta el proceso de tratamiento a que son sometidos los arándanos previos a su almacenamiento, especificando donde se realizó el tratamiento con ozono:

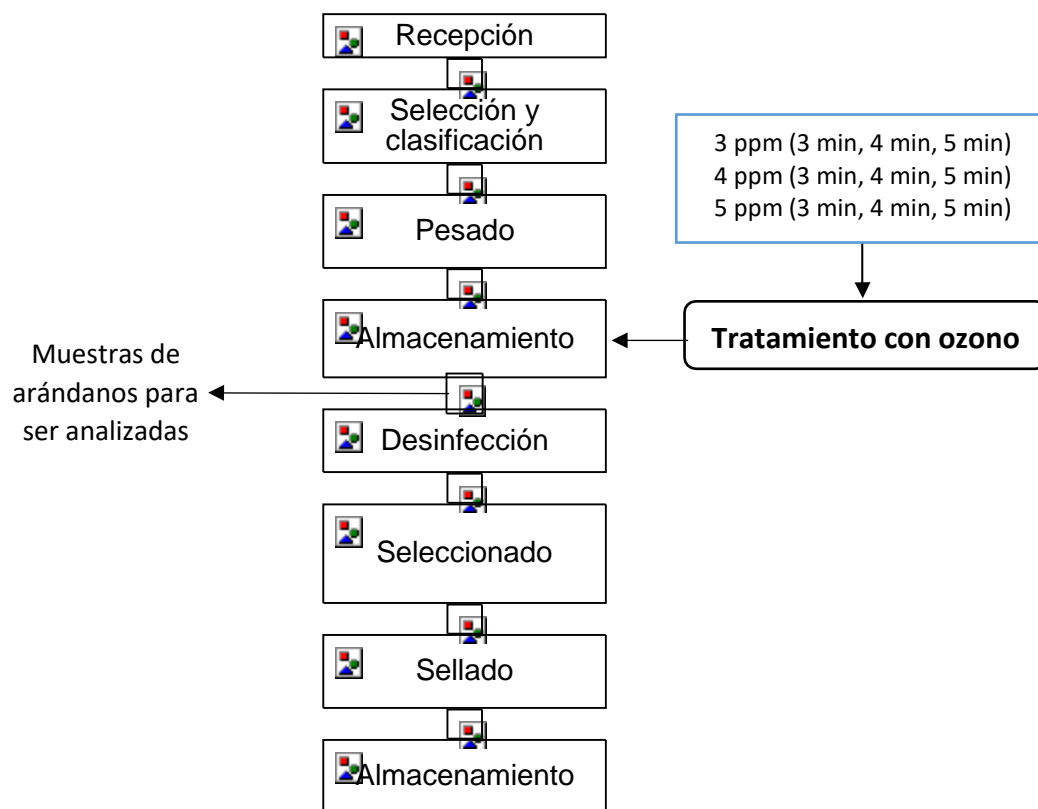


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de los arándanos.

Descripción del proceso:

A continuación, se describen cada una de las operaciones realizadas:

- **Recepción.** Las muestras de arándanos fueron adquiridos en el mercado de Frutas (San Luis) de la ciudad de Lima en la Concesionaria Roció Eugenio Villegas, Puesto 710, para posteriormente ser entregado en el laboratorio de la Facultad De Ciencias De Los Alimentos, en buen estado físico.
- **Selección y Clasificación.** Se seleccionó las bayas en buenas condiciones de forma manual, retirando aquellas con algún tipo de daño físico, infección e infestación.
- **Pesado.** Para la aplicación de los tratamientos se pesó aproximadamente 150 g de arándanos por cada tratamiento, utilizando una balanza semianalítica y registrando el valor en formatos establecidos.
- **Almacenamiento:** Se lleva a un área que tiene como objetivo el control de humedad y temperatura de las bayas, y el periodo de permanencia en esta cámara depende del volumen la materia prima, y puede ser desde días hasta semanas.
- **Tratamiento de ozonización.** Se procedieron a incorporar en el equipo de aplicación de ozono descrito previamente, en el cual, las bayas se expusieron a los diferentes tratamientos en las distintas concentraciones y tiempos establecidos. Una vez terminado el tratamiento se promedió inmediatamente a tomar las muestras para evaluar las características sensoriales, y el recuento microbiológico.
- **Desinfección:** el material es lavado con ácido periacético y posteriormente se envía a un proceso de shock térmico entre 0 a 5 °C.

- Selección: Selección manual de las bayas según su calidad y condiciones físicas.
- Sellado. Las bayas tratadas con ozono fueron ingresadas a recipientes de plásticos de forma manual e higiénica.
- Almacenamiento. Los recipientes de plásticos contentivos con las bayas son refrigerados a una temperatura entre -18°C con el fin de mantener el producto congelado.

3.2.2 Distribución de tratamiento

En la Tabla 2, se detalla la distribución experimental de tratamientos a los que fueron sometidas las muestras de arándanos, para la evaluación del tratamiento de ozono en la carga microbiana de los arándanos:

Tabla 2. Distribución experimental de tratamientos en base a diferentes concentraciones de ozono y tiempo de exposición.

Tratamiento	Concentración del ozono (ppm)	Tiempo de exposición (min)
M1 (C1T1)	C1: 3	T1:3
M2 (C1T2)	C1: 3	T2:4
M3 (C1T3)	C1: 3	T3:5
M4 (C2T1)	C2: 4	T1:3
M5 (C2T2)	C2: 4	T2:4
M6 (C2T3)	C2: 4	T3:5
M7 (C3T1)	C3: 5	T1:3
M8 (C3T2)	C3: 5	T2:4
M9 (C3T3)	C3: 5	T3:5
M0 (testigo)	0	0

Mx: número de muestra a una concentración de ozono y tiempo de exposición específicos.

Cx: concentración en ppm.

Tx: tiempo en minutos.

Con respecto a la distribución experimental para la evaluación del tratamiento de ozono en la calidad sensorial según la preferencia del producto, se establecieron dos muestras a ofrecer:

Muestra 1 correspondiente a la muestra de arándanos tratados con ozono (5 ppm - 5 min) y

Muestra 2 correspondiente a la muestra de arándanos sin tratar con ozono.

3.2.3. Efecto del ozono en la carga microbiana de los arándanos

Para la evaluación de la carga microbiana en los arándanos tratados con y sin ozono, se procedió a preparar asépticamente 25 gramos de la fruta que posteriormente fueron mezcladas con 225 ml de agua peptonada y se agitó durante 1 minuto (dilución 10^{-1}) asegurándose de cubrir completamente el material con el objetivo de desprender los microorganismos de la superficie. A partir de esta se realizaron dos diluciones sucesivas (10^{-2} y 10^{-3}). De cada dilución se tomó una alícuota de 1 mL y se inoculó en placas petrifilm para recuento de aerobios mesófilos totales (AMT) y mohos y levaduras. Cada dilución se inoculó por triplicado. Los cultivos bacterianos se incubaron a 37 °C durante 24 h y el cultivo de mohos y levaduras se incubó a 25 °C durante 5 días. Los resultados se expresaron como el logaritmo del número de unidades formadoras de colonias por gramo de tejido (Log UFC/g) (Andrade, y otros, 2019).

A continuación, las placas se incubaron en una incubadora a 24°C durante 5 días en el caso de aerobios mesófilos y para mohos y levaduras. Trascurrido este tiempo, se realizó un recuento de número de unidades formadoras de colonias (UFC) y se multiplicó por el factor de dilución, expresando el número total de colonias en UFC/g.

3.2.4. Efecto del ozono en la calidad sensorial de los arándanos

Para evaluar la afectación de la calidad sensorial de los arándanos como consecuencia del tratamiento de ozono aplicado, se realizaron dos pruebas de tipo sensorial:

- La primera es conocida como la prueba de JAR combinada con escalas hedónicas, la cual se utiliza para comparar y establecer diferencias entre las muestras que, en el

caso del presente estudio, se constituye en base al criterio de los testigos con respecto a las muestras tratadas con ozono y aquellas sin tratamiento.

- La segunda prueba corresponde a la evaluación sensorial según la preferencia del producto, lo cual permitió establecer la muestra que gustó más a los evaluadores en base a sus características organolépticas.

3.2.5. Efecto del ozono en el tiempo de vida útil sensorial de los arándanos

Para evaluar el efecto en la vida útil de los arándanos como consecuencia del tratamiento de ozono aplicado, se trabajó con los resultados obtenidos a partir de la evaluación sobre calidad sensorial. Específicamente se utilizaron los datos de Textura y Aceptabilidad general de las muestras de arándanos ozonizadas - Muestra 1 (5 ppm - 5 min). Estos indicadores se escogieron en base a ciertos aspectos que se detallan en uno de los métodos utilizados para estimar la vida útil de un producto de alimentación, conocido como Método de supervivencia. Este método busca conocer la actitud del consumidor hacia el producto, realizando un test sensorial sobre si consumiese o no el producto, es decir determinando la Aceptabilidad general junto con la percepción del consumidor sobre la Textura, que es una de las principales características que el cliente puede apreciar en primera instancia ((Alapont, y otros, 2020).

3.2.6. Análisis estadístico

3.2.6.1. Efecto del ozono en la carga microbiana de los arándanos

Con el fin de determinar los parámetros óptimos de concentración de ozono y tiempo de contacto para una máxima reducción de bacterias (Mesófilos aeróbicos) y hongos presentes en arándanos, se calculó la eficiencia de reducción (RED) después de la aplicación de ozono,

de acuerdo con la ecuación 1 descrita por Fijan y otros, (2007) citado por Montañez V. (2013):

$$RED = \log_{10} \frac{UFC_a}{UFC_b} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

RED = Eficiencia de reducción después del tratamiento.

UFC_a = Promedio de UFC en arándanos después del tratamiento.

UFC_b = Promedio de UFC en arándanos antes del tratamiento (M0)

El efecto de los tratamientos se analizó utilizando el paquete informático InfoStat, en base a la normalidad de los datos, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA). Se aplicó un test a posteriori de comparación de medias Tukey (con un nivel de confianza del 95 %) cuando se encuentren diferencias significativas.

3.2.6.2. Efecto del ozono en la calidad sensorial de los arándanos

- **Resultados de la prueba de Jar:** Para el análisis estadístico se determinó los porcentajes de los datos obtenidos para los diferentes tratamientos y el testigo en base a las apreciaciones del jurado de panelistas. Para analizar los resultados obtenidos de la evaluación del tratamiento con ozono en la calidad sensorial de los arándanos, en primer lugar, se aplicó un análisis según escalas de JAR combinado con escalas hedónicas. Para trabajar con la escala de JAR, se reagruparon en tres niveles las categorías establecidas en la escala hedónica de la encuesta aplicada (Anexo 3).

Los niveles con los que se trabajó en la escala JAR corresponden a: Bajo, JAR y Alto, por lo que para el nivel Bajo se asignaron las categorías desde *Me disgusta extremadamente* (1) a *Me disgusta moderadamente* (3), para el nivel correspondiente

a JAR se englobaron: desde *Me disgusta levemente* (4) hasta *Me gusta levemente* (6) y finalmente, dentro del nivel Alto se situaron las categorías desde *Me gusta moderadamente* (7) al *Me gusta extremadamente* (9).

- **Resultados de la evaluación sensorial:** El análisis de la información derivada de esta evaluación, presenta los estadísticos básicos basados en el análisis de una escala hedónica de nueve puntos. De igual manera, con el fin de obtener una rápida comparación de los datos discretos y continuos, a primera vista, se trabajó con diagramas de tallo y hojas y posteriormente, diagramas de caja para comparar distribuciones entre muestras con la ayuda del análisis basado en la prueba de Friedman.

3.2.6.3. Efecto del ozono en el tiempo de vida útil sensorial de los arándanos

Para determinar el efecto del tratamiento de ozono sobre el tiempo de vida útil de las muestras de arándanos, se manejó la correlación estadística entre la textura y la aceptabilidad general, representando ambos, parámetros que limitan el periodo de tiempo de consumo del producto (Ubillus, 2019).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Efecto del ozono en la carga microbiana de los arándanos

La concentración de células viables, tanto de bacterias como hongos, después de la aplicación de ozono según cada tratamiento detallado en la Tabla 3 que se presentan a continuación, son la media de tres experimentos repetidos. Los valores medios de UFC en los recuentos microbiológicos se expresan como medias \pm D.E. de tres observaciones.

Tabla 3. Recuentos microbiológicos (UFC/g) observados en arándanos tratados con y sin ozono según dosis y tiempo de exposición.

Recuentos microbiológicos	Resultados (10^2) - (UFC/g)									
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Mohos y Levaduras	82	79	47	32	25	19	11	18	9	6
Aerobios Mesófilos	98	73	58	34	45	35	10	33	25	4

Mx: número de muestra a una concentración de ozono y tiempo de exposición específicos, ver Tabla 2.

M0: muestras testigo

4.1.1. Reducción de la carga microbiana en arándanos con ozono

La eficiencia de reducción de mesófilos aeróbicos y mohos y levaduras en los arándanos que fueron tratados con diferentes concentraciones de ozono y periodos de exposición, en comparación con la muestra testigo (M0) se muestra en la Figura 5.

En detalle, el tratamiento M9 (5 ppm – 5 min) obtuvo una RED significativamente mayor ($p > 0.050$) que los demás tratamientos, tanto para mesófilos aeróbicos (Figura 5. A) como para mohos y levaduras (Figura 5. B). A nivel general, se identificó que la RED de la carga microbiana, tenía mayor significancia mientras mayor concentración y tiempo de exposición

se aplicaba a las muestras de arándanos. No obstante, es importante tomar en cuenta que las concentraciones y tiempos que se aplique en el tratamiento propuesto no afecte las características organolépticas del producto representando un problema para la salud de los consumidores.

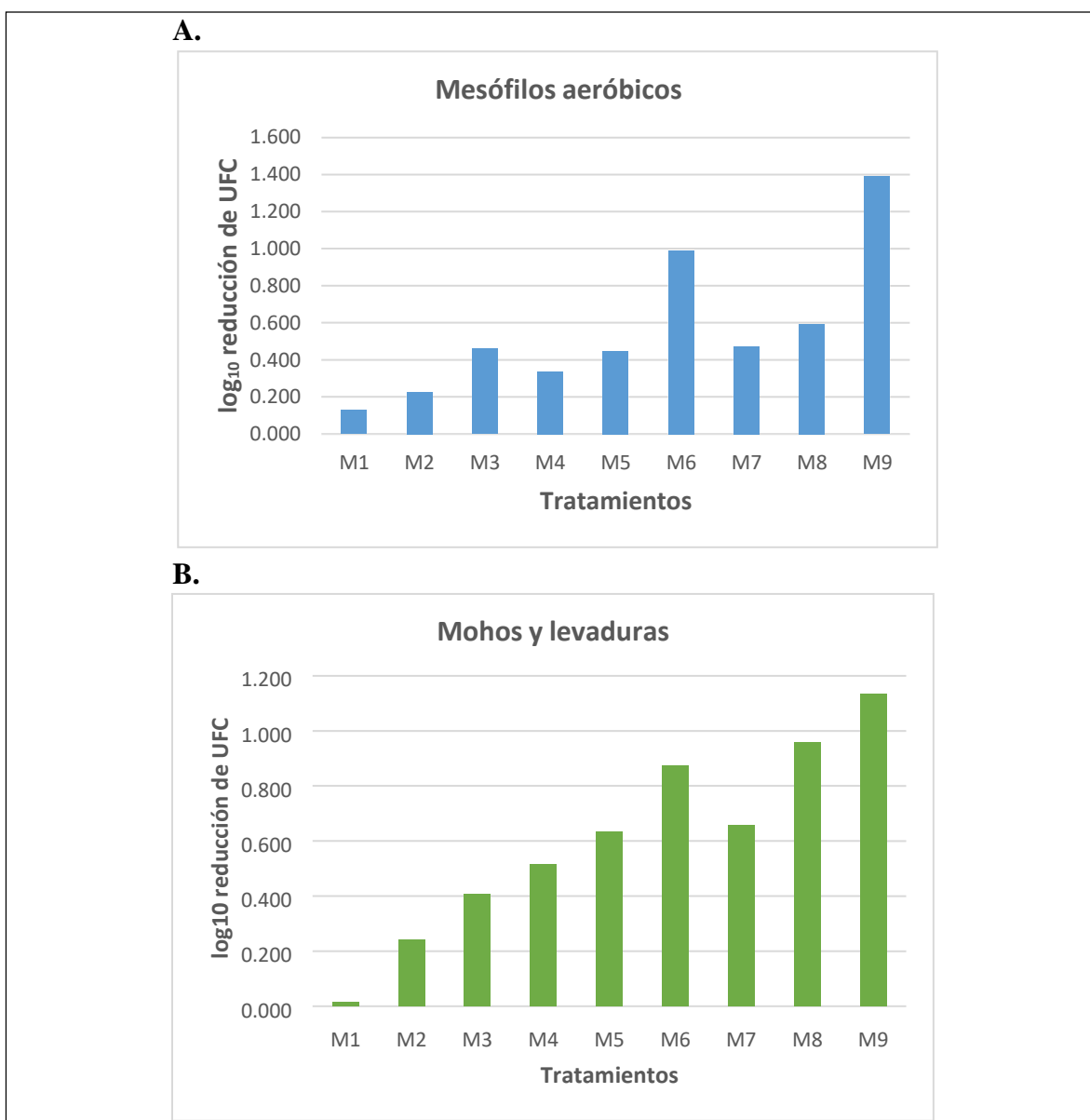


Figura 5. Reducción del paso logarítmico de mesófilos aeróbicos (A) y de mohos y levaduras

(B) con la aplicación de los diferentes tratamientos las muestras de arándanos.

El ozono destruye a los microorganismos mediante la oxidación progresiva de la ozonización celular vital. Se han realizado numerosos estudios para investigar la efectividad del ozono contra varios tipos de microorganismos. Por nombrar, Smilanick y otros, (2008), encontró una reducción de la población de bacterias aeróbicas en frutos cítricos a una dosis de 5 ppm por 5 minutos. Andrade y otros, (2019), reportaron una reducción significativa de la carga microbiana de tres frutas estudiadas (mora sin espina, uvilla y naranjilla) con una susceptibilidad de mayor a menor: coliformes > mesófilos totales > mohos > levaduras, concluyendo que el efecto antimicrobiano del ozono en gas puede ser selectivo y depende del tipo de fruta y de microorganismo.

Además de la inactivación microbiana, la ozonización también se ha aplicado con el propósito de degradación de micotoxinas en productos alimenticios (Prabha, y otros, 2015). Por lo que el uso de ozono como tratamiento desinfectante previo al almacenamiento de frutas y vegetales es completamente viable y una opción sustentable.

4.2. Efecto del ozono en la calidad sensorial de los arándanos

Para llevar a cabo las correspondientes pruebas que se detallan a continuación, es importante recalcar que se trabajó con el tratamiento que mejores resultados arrojó en la evaluación del tratamiento de ozono en la carga microbiana de los arándanos, es decir, una concentración de 5 ppm en un tiempo de exposición de 5 minutos. Las muestras fueron designadas como: Muestra 1 (tratada con ozono) y Muestra 2 (sin tratar)

4.2.1. Prueba de JAR:

Los resultados se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de los análisis de la escala JAR (3 niveles).

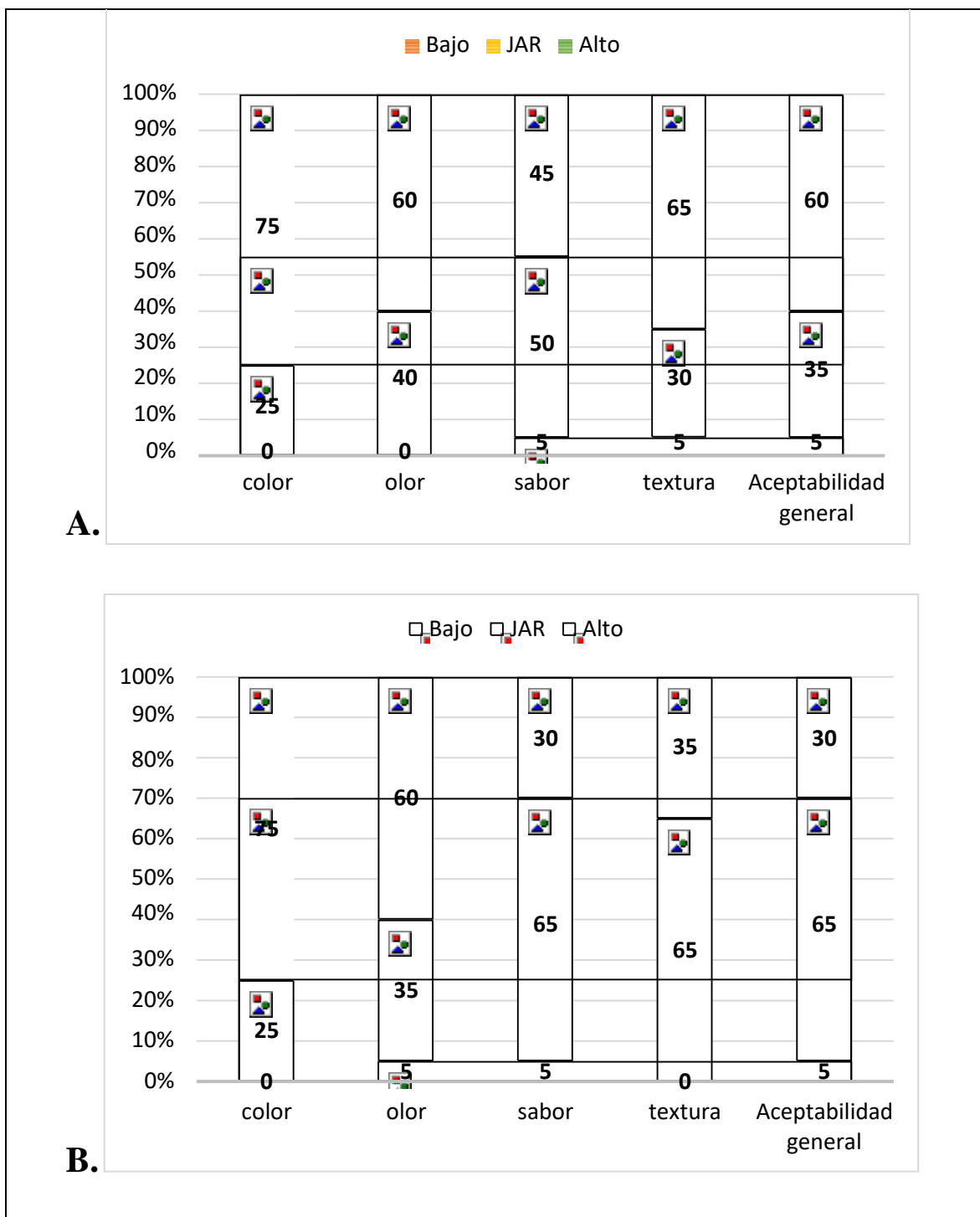
	Color (%)	Olor (%)	Sabor (%)	Textura (%)	Aceptabilidad general (%)
<i>Muestra 1</i>					
Bajo	0	0	5	5	5
JAR	25	40	50	30	35
Alto	75	60	45	65	60
<i>Muestra 2</i>					
Bajo	0	5	5	0	5
JAR	25	35	65	65	65
Alto	75	60	30	35	30

Como se observa en la Figura 6, existe una mayor recepción de la Muestra 1, por parte de los jueces, ya que se observa una marcada tendencia hacia las categorías del nivel Alto (Figura 6. A.) representando un grado de aceptación extremadamente bueno en la mayoría de las características organolépticas. Por otro lado, dentro de las características organolépticas correspondientes a *Color* (75%) y *Olor* (60%) de la Muestra 2 (Figura 6. B.), se observan porcentajes de aceptación similares a los resultados correspondientes a la Muestra 1, dentro del nivel Alto. Por ende, se puede deducir que, con respecto a las características organolépticas de *Color* y *Olor*, las personas percibieron de igual manera, tanto a la muestra tratada con ozono, como a la muestra sin este tratamiento. Es decir, que no se encontraron

diferencias significativas, según la escala de JAR, entre la Muestra 1 y la Muestra 2 en cuanto a su Color y Olor, con base a la perspectiva de los jueces.

Sin embargo, al centrarse en las características organolépticas de *Sabor* (30%), *Textura* (35%) y *Aceptabilidad general* (30%) de la Muestra 2 (Figura 6. B.) es posible distinguir porcentajes menores correspondientes al nivel Alto en comparación a los porcentajes resultantes de estas características en el mismo nivel de la Muestra 1. En este contexto, es posible mencionar que cuando las muestras de arándanos tratados con ozono fueron consumidas por los jueces, se percibió una leve diferencia en su sabor y textura con respecto a la muestra de arándanos no tratados, derivándose en una tendencia de aceptación por los arándanos que son tratados con ozono.

Desde una perspectiva general, es posible mencionar que el tratamiento de ozono sobre los arándanos genera mínimas modificaciones en las características organolépticas relacionadas al sentido del gusto, sin embargo, es necesario analizar cada característica individualmente a nivel estadístico, análisis que se discute en la sección 4.2.2. *Evaluación sensorial*.



JAR (Just-About-Right): índice de la escala de punto ideal.

Figura 6. Resultados porcentuales de los análisis de la escala JAR (3 niveles), (A) Muestra 1 (arándanos tratados con ozono); y (B) Muestra 2 (arándanos sin tratamiento).

4.2.2. Evaluación sensorial

4.2.2.1. Color

Dentro de las características que pueden ser apreciadas de manera visual, se estableció el Color de las muestras de arándanos ozonizadas y no ozonizadas. En el anexo 4 se detalla los respectivos diagramas de tallo y hojas para la Muestra 1 y la Muestra 2, mismos que permiten apreciar, a primera vista, las diferencias en el comportamiento de los resultados de cada muestra. En base a estos resultados, se confirma la tendencia observada en la prueba de JAR (sección 4.2.1.); pues las opciones que escogieron los jueces con mayor frecuencia fueron las categorías 6, 7 y 8 correspondientes a *Me gusta levemente*, *Me gusta moderadamente*, y *Me gusta mucho* respectivamente.

La característica sensorial en cuestión fue percibida de igual manera en ambas muestras, ya que los valores que delimitan al 50% de puntuaciones centrales de la variable son la opción 7 y 8 (Figura 7A y 7B) diferenciándose únicamente por el valor mínimo (5) de la muestra no ozonizada y un caso extremo (Figura 7B). Pese a ello, al tomar los datos de la prueba de Friedman aplicada al caso, no presentan medias significativamente diferentes ($p < 0.050$) (Figura 7C).

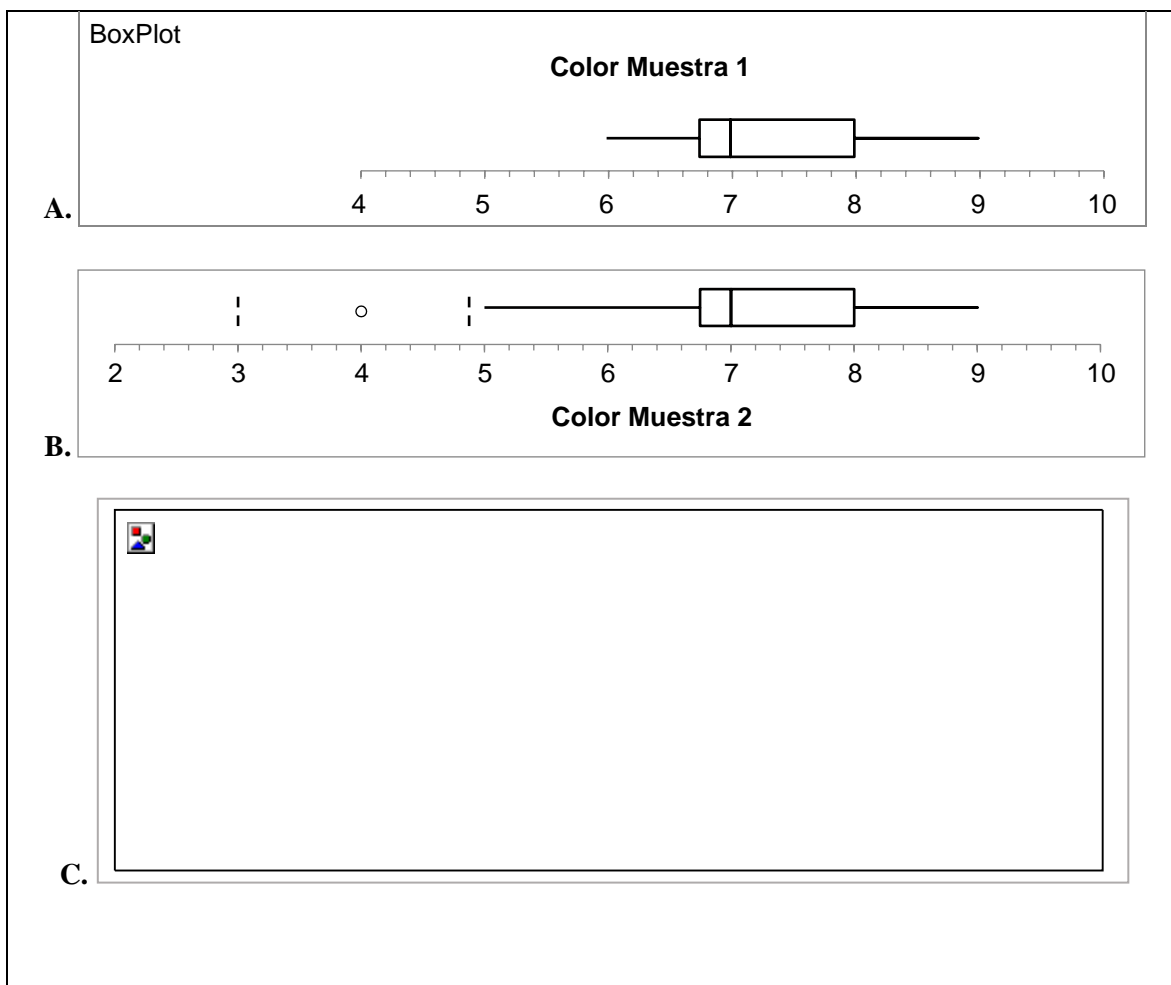


Figura 7. Diagrama de caja de la Muestra 1 (A.) y de la Muestra 2 (B.) y resultados de la prueba de Friedman (C) del análisis sensorial de ambas muestras con respecto a la característica Color.

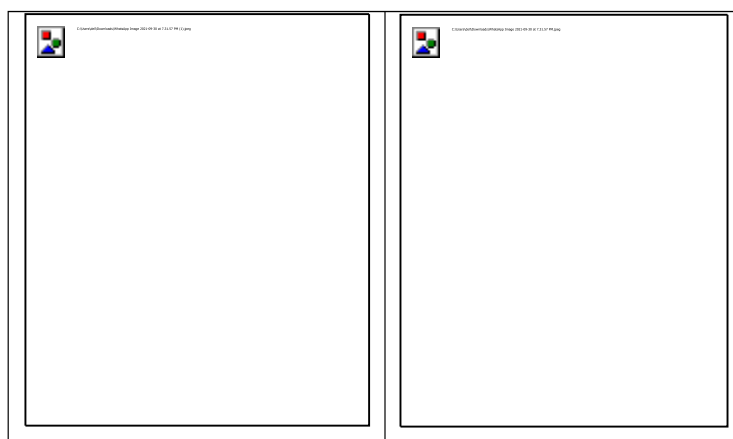


Figura 8. Ilustración Muestra 1 vs. Muestra 2.

El color es la característica principal de un producto que influye en la aprobación del consumidor. Las alteraciones del color se ven afectadas por cambios en el contenido de pigmentos naturales, como clorofilas, carotenoides y antocianinas, o por otros pigmentos resultantes de reacciones de pardeamiento enzimáticas y no enzimáticas (*Bataller–Venta, Santa Cruz, y García, 2010*). Generalmente, no se observan cambios en el color del producto después de los tratamientos con ozono (Figura 8). No obstante, se han informado algunas excepciones, especialmente cuando se aplican altas concentraciones de ozono. Bialka y Demirci, (2007) estudiaron el color de los arándanos sometidos a ozono gaseoso y acuoso. El color de las muestras tratadas con ozono gaseoso fue significativamente diferente del color de las no tratadas (las bayas parecían más oscuras). Cuando se aplicó ozono acuoso, no se detectaron alteraciones significativas.

4.2.2.2. Olor

En cuestiones de percepción olfativa, se evaluó sensorialmente el Olor de las muestras de arándanos ozonizadas y no ozonizadas. En el anexo 5 se presentan los respectivos diagramas de tallo y hojas para la Muestra 1 y la Muestra 2, mismos que muestran, a primera vista, las diferencias en el comportamiento de los resultados de cada muestra. En este caso, es posible notar una mayor dispersión de los datos. Las opciones que los jueces escogieron con mayor frecuencia fueron las categorías 6 (*Me gusta levemente*) y 7 (*Me gusta moderadamente*) para la muestra ozonizada, mientras que para la muestra sin ozonización fueron 7 (*Me gusta moderadamente*) y 8 (*Me gusta mucho*).

De acuerdo con la percepción de los jueces participantes de la evaluación sensorial, los arándanos de ambas muestras no presentaron un olor particularmente diferente. Esto se puede ver representado en la mediana (7) de los diagramas de caja (Figura 9. A y B) y en este caso,

los valores que delimitan al 50% de puntuaciones centrales de la variable son la opción 6 y 8 (Figura 9A) para la muestra ozonizada y la opción 5 y 7 para la muestra no ozonizada (Figura 9B). En este sentido, los resultados de la prueba de Friedman aplicada al caso no presentan medias significativamente diferentes ($p < 0.050$) (Figura 5C) por ende, el olor de ambas muestras fue similares.

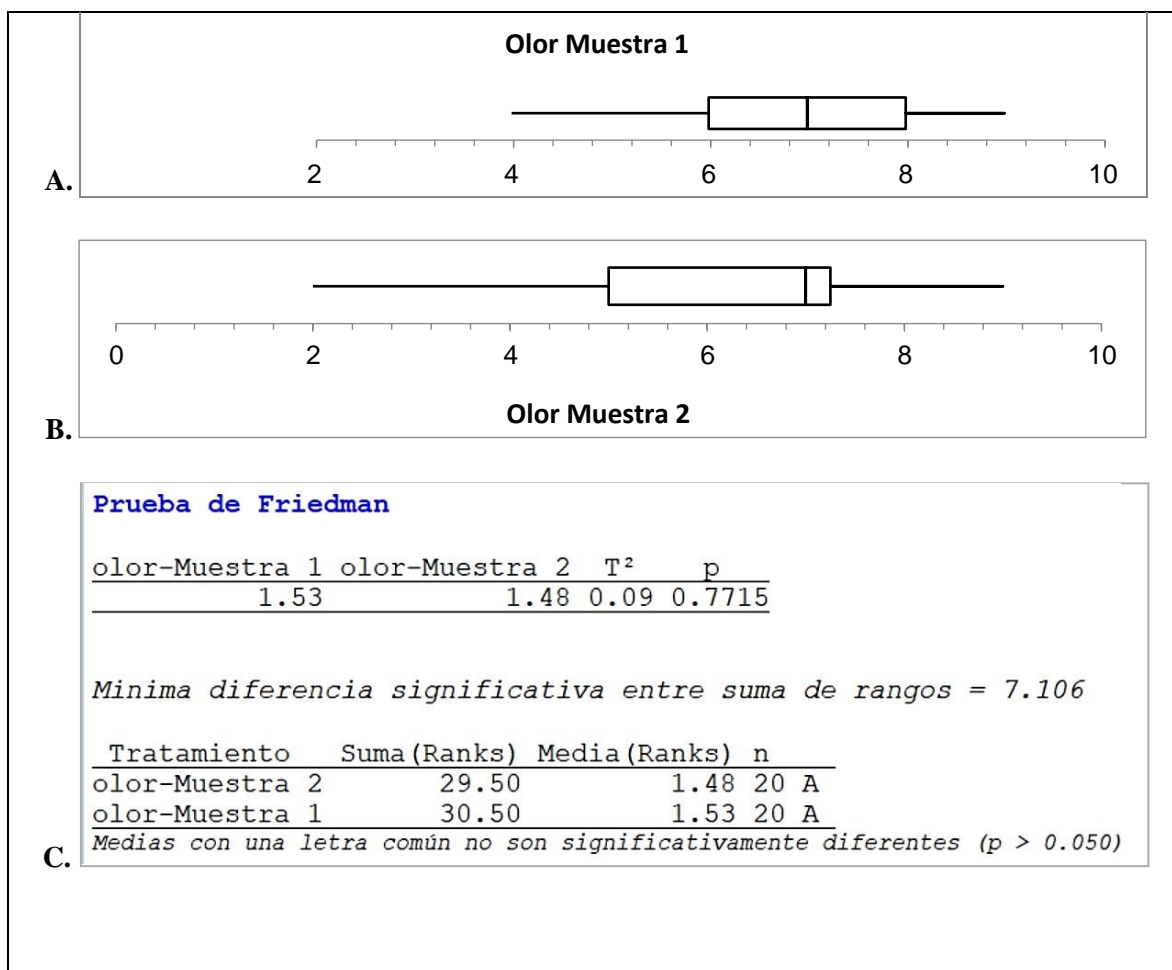


Figura 9. Diagrama de caja de la Muestra 1 (A) y de la Muestra 2 (B) y resultados de la prueba de Friedman (C) del análisis sensorial de ambas muestras con respecto a la característica *Olor*.

Se ha informado que la reducción de la emisión de compuestos volátiles es el factor más probable responsable de la pérdida de aroma en las frutas (Miller, y otros, 2013). Varios investigadores observaron reducciones en los aromas volátiles causadas por los tratamientos con ozono (Forney, y otros, 2007). Nadas y otros, (2006), concluyó que el almacenamiento en frío de fresas enriquecido con ozono resultó en una pérdida reversible del aroma de la fruta. Los autores sugirieron que esto fue causado por la oxidación de los compuestos volátiles liberados por la fruta. Una vez que no se ha detectado alteraciones en ninguna de las enzimas relacionadas con la biosíntesis de aromas (lipoxigenasa, hidroperóxido liasa y alcohol aciltransferasa), la reducción de la emisión de volátiles puede explicarse por una alteración física de la superficie del fruto (Rodoni, y otros, 2010).

4.2.2.3. Sabor

Haciendo referencia al sentido del gusto, se evaluó sensorialmente el sabor de las muestras de arándanos ozonizadas y no ozonizadas. Como primera impresión, se podría sugerir que existió una ligera preferencia por las muestras de arándanos ozonizadas, debido a la dispersión de los datos que se muestran en el diagrama de tallo y hojas (Anexo 6). Las opciones que los jueces escogieron con mayor frecuencia fueron las categorías 6 (*Me gusta levemente*) y 7 (*Me gusta moderadamente*) tanto para la muestra ozonizada como para la muestra no ozonizada.

Por otro lado, al analizar los resultados estadísticos, vemos que la dispersión y la mediana de los datos es la misma, con una simple diferencia entre sus valores mínimos (Figura 10A y 10B). A la par, la diferencia entre las medias no es significativa ($p < 0.005$), por lo que se concluye que el sabor de los arándanos tampoco se ve afectado por aplicación de ozono.

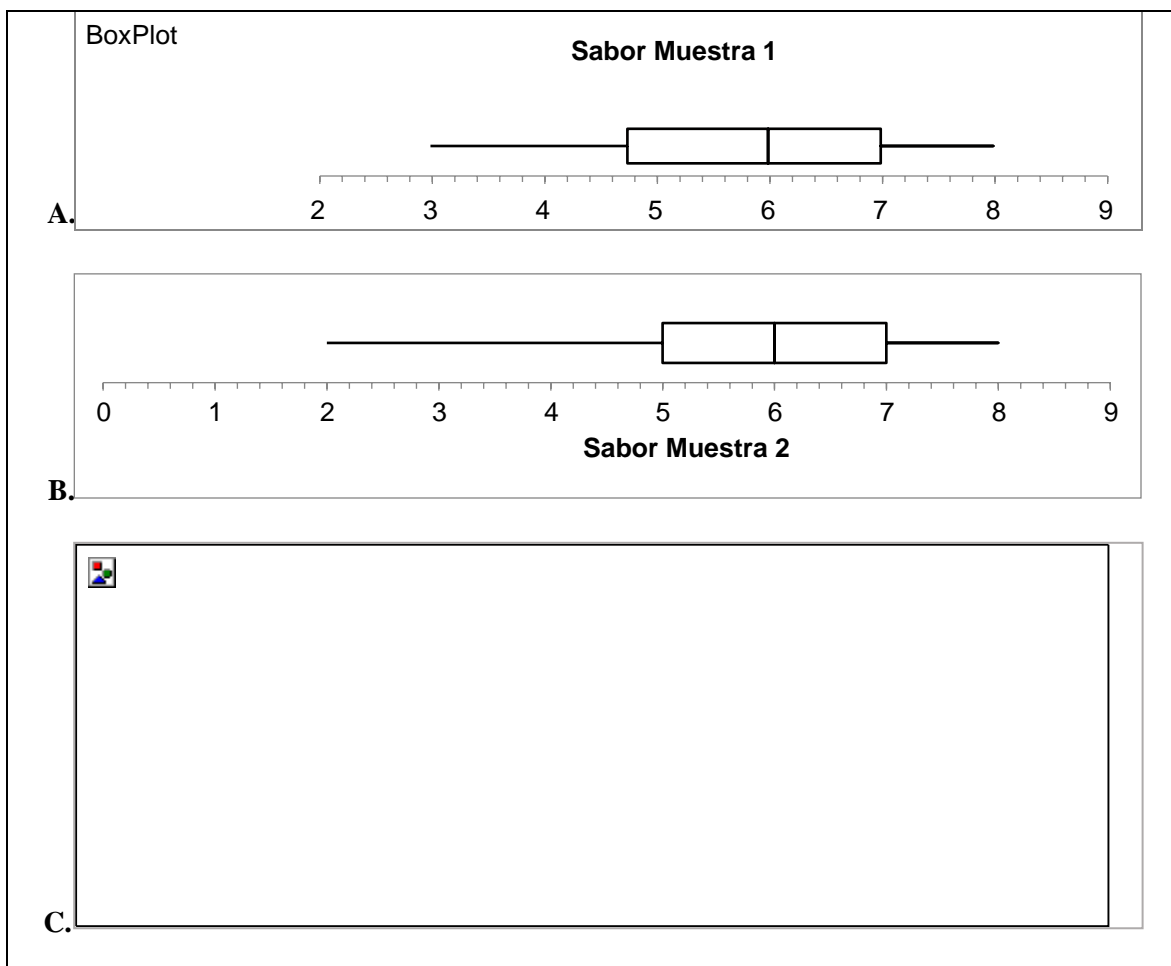


Figura 10. Diagrama de caja de la Muestra 1 (A) y de la Muestra 2 (B) y resultados de la prueba de Friedman (C) del análisis sensorial de ambas muestras con respecto a la característica *Sabor*.

El sabor, específicamente de los arándanos, depende del balance entre el aroma, el dulzor y la acidez según Janick y Moore (1996) citado por Pino (2007). En sí, el sabor de las frutas es determinado por la relación entre la cantidad efectiva de azúcares y ácidos presentes, y es expresado a través del equilibrio entre los niveles de sólidos solubles y acidez (SS/AT) (Flores, 2019).

En la mayoría de trabajos publicados sobre aplicación de ozono sobre frutas y verduras, no se reportan diferencias significativas en el contenido total de sólidos solubles entre muestras ozonizadas y sin tratar (Selma M. y otros, 2008; Pretell, y otros, 2016; Ali, y otros, 2014). En este mismo sentido, trabajos similares reportaron resultados sin disminuciones significativas en el contenido total de azúcar de frutas y verduras después de tratamientos con ozono que contiene agua (Zhang, y otros, 2005) o cuando se aplica un tratamiento con ozono gaseoso a corto plazo (Rodoni, y otros, 2010). Sin embargo, cuando los productos se almacenan en una atmósfera que contiene ozono, se identifican fluctuaciones del contenido de azúcar (Aguayo, y otros, 2006).

Razón por la que, en general, no se observaron diferencias significativas entre las muestras de arándanos ozonizadas y sin tratar de acuerdo con la percepción de los participantes, tanto en sabor como en las demás características organolépticas.

4.2.2.4. Textura

La textura o firmeza es una propiedad reológica importante pertinente a las frutas y verduras frescas (Prabha, y otros, 2015). En este contexto, las muestras de arándanos ozonizadas y no ozonizadas fueron evaluadas también en base a su textura. Los resultados del diagrama de tallo y hojas (Anexo 7), muestran una mayor frecuencia en las categorías 7 (*Me gusta moderadamente*) y 8 (*Me gusta mucho*) para la muestra ozonizada, mientras que, para la muestra no ozonizada las categorías 6 (*Me gusta levemente*) y 7 (*Me gusta moderadamente*) fueron escogidas con mayor frecuencia.

Haciendo alusión a la disposición de los datos en el diagrama de caja, se advierte una mayor variabilidad en la selección de las opciones para la muestra sin tratar (Figura 11B), a

diferencia de la disposición de los datos en la muestra tratada con ozono. Por lo que se percibe una ligera tendencia hacia las categorías de preferencia 6, 7, y 8 con respecto a la muestra ozonizada (Figura 11A).

En términos estadísticos, no se distinguen diferencias significativas entre las medias de cada muestra calificada ($p < 0.005$), reiterándose de esta manera que no existe un efecto distintivo del ozono sobre las características organolépticas ante los ojos de los participantes.

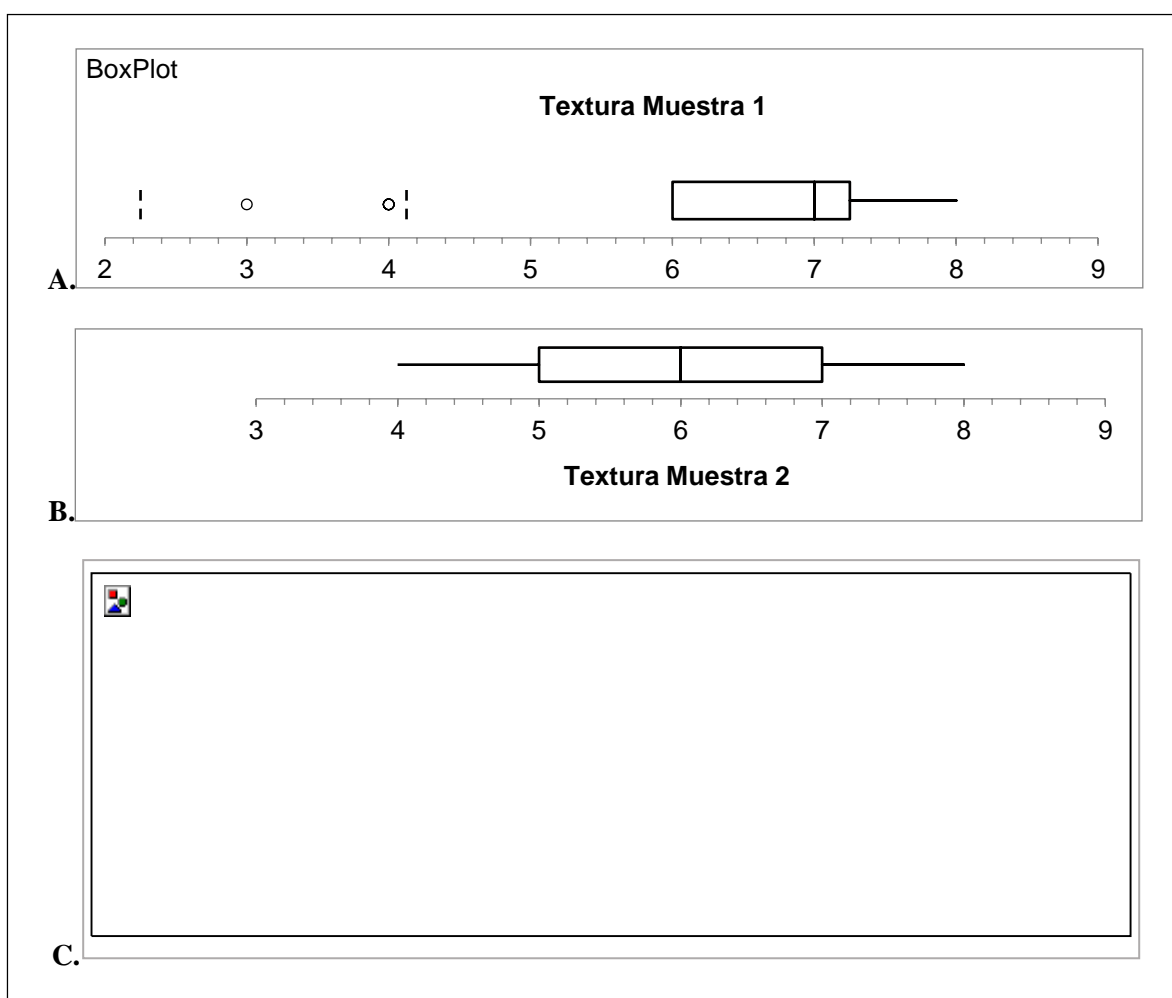


Figura 11. Diagrama de caja de la Muestra 1 (A) y de la Muestra 2 (B) y resultados de la prueba de Friedman (C) del análisis sensorial de ambas muestras con respecto a la característica *Textura*.

Se ha informado que el tratamiento con ozono de frutas y hortalizas frescas, ya sea mediante lavado o almacenado con gas ozono, tiene efectos significativos sobre la textura, tales como mejorar la firmeza de los cítricos y pepinos en comparación con los controles (Skog y Chu., 2001) o retrasar el ablandamiento de las fresas durante el almacenamiento en cámaras frigoríficas y el almacenamiento a temperatura ambiente (Nadas, y otros, 2003).

El ozono es un agente oxidante fuerte que puede causar la oxidación de reticulaciones feruloiladas o reticulaciones fenólicas entre pectina de la pared celular, proteínas estructurales u otros polímeros, y por lo tanto cambiar la firmeza del producto (Heun Hong y Gross, (1998) citado por Prabha, y otros (2015)).

Muchos de estos efectos reportados han sido resultado de una alta concentración y un tiempo mayor de exposición, en comparación a los usados en la presente investigación, razón por la cual puede deberse la ausencia de esta característica o a su vez, sea imperceptible ante los jueces que formaron parte de este estudio.

4.2.2.5. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general es un parámetro de consumo que brinda información importante al fabricante sobre la tendencia de consumo de su producto. Es así que, las muestras de arándanos ozonizadas y no ozonizadas fueron sometidas de igual manera, a una evaluación de aceptabilidad independiente, pero siguiendo la misma escala hedónica propuesta para las características organolépticas con el mismo jurado. Los resultados del diagrama de tallo y hojas (Anexo 8), muestran una mayor frecuencia de la opción 7 (*Me gusta moderadamente*) para la muestra ozonizada, mientras que, para la muestra sin tratar, sobresale la categoría 6 (*Me gusta levemente*) con una frecuencia de 10, pero con mayor dispersión de datos.

A pesar de que se divisa una total similitud entre la disposición de los datos de cada muestra, es posible aún apreciar datos sesgados y medianas diferentes pero que no dividen a la muestra en cuartiles (Figura 12A y 12B). No obstante, la prueba de Friedman indica que no existen medias significativamente diferentes entre las muestras evaluadas ($p < 0.005$).

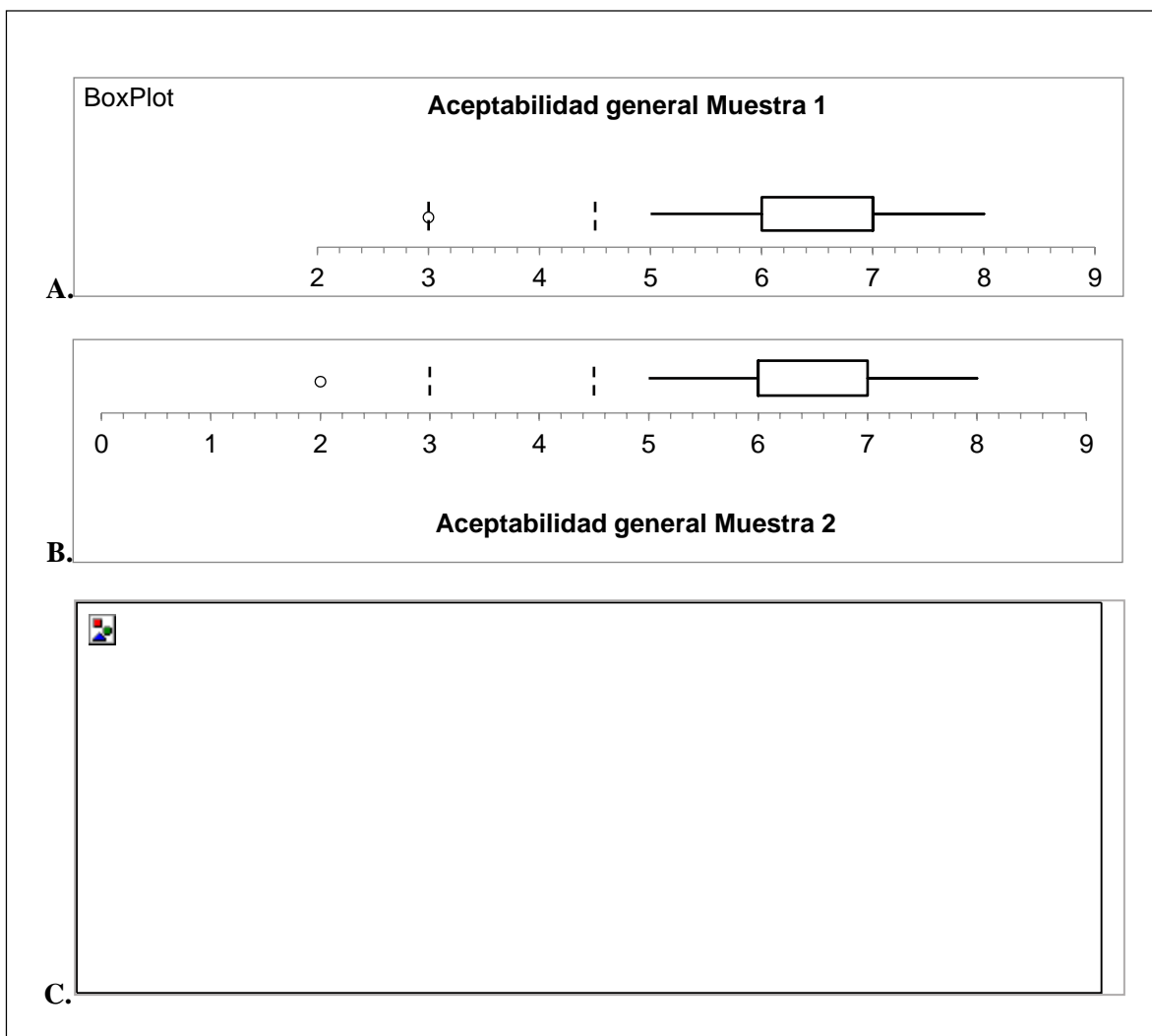


Figura 12. Diagrama de caja de la Muestra 1 (A.) y de la Muestra 2 (B.) y resultados de la prueba de Friedman (C) del análisis sensorial de ambas muestras con respecto a la característica *Aceptabilidad general*.

La apariencia general es el principal atributo sensorial que utilizan los consumidores para evaluar la calidad de las frutas y verduras frescas y una puntuación de corte superior a 5 se considera aceptable, dentro de la escala hedónica (Ali, y otros, 2014).

Artés Hernández y otros, (2006), indicaron que las uvas de mesa expuestas al tratamiento con ozono gaseoso de 0,6 ppm/2 min diariamente, fueron aceptadas por los jueces, mientras que la muestra control fue rechazada.

En este estudio caso, al no hallar diferencias significativas, se concluye que existió aceptación del producto, tanto de la muestra ozonizada como de la muestra sin tratar. Lo cual puede deberse a que la concentración de ozono y tiempo de exposición aplicados la muestra de arándanos no provocó una reacción perceptible, en el contexto de características sensoriales. Aun así, no se observó rechazo en ninguno de los casos analizados, por ende, la aplicación de este tratamiento es viable.

4.2.2.6. Análisis grupal

Como se mencionó en los apartados anteriores correspondientes al análisis de cada característica organolépticas, ninguna de ellas presentó significancia estadística entre muestras, es decir no obtuvieron un valor p menor a 0.05 (Tabla 5). Por ello, se deduce que no existen diferencias entre las características analizadas de la muestra 1 y la muestra 2, en base a la apreciación de las personas del jurado.

Tabla 5. Resultados de la prueba de Friedman de las cinco características organolépticas analizadas entre las muestras 1 y 2.

Características	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
Significancia estadística (<i>p</i>)	0.7157	0.7715	0.1864	0.1099	0.1099

Valores $p < 0.05$ presentan significancia estadística.

4.2.2.7. Preferencia

En el contexto netamente de Preferencia, se proporcionaron dos muestras de arándanos (Muestra 1: con ozono; Muestra 2: sin ozono) a un grupo de 20 jueces, quienes escogieron a su preferencia dichas muestras, colocando (1) para la que menos prefiera y (2) para la que más prefiera.

De acuerdo con los resultados en el contexto de la prueba de preferencia, se denota un mayor grado de preferencia por las muestras de arándanos tratados con ozono (Figura 13), con un 60% a favor. Esta particularidad puede deberse a la acción del ozono sobre las frutas frescas, ya que puede promover varias respuestas fisiológicas positivas, tales como la síntesis de poliaminas, compuestos fenólicos, anitoxidantes, etileno y otros metabolitos secundarios (Ali, y otros, 2014), lo cual puede relacionarse con una mejor apariencia y un sabor ligeramente diferente.

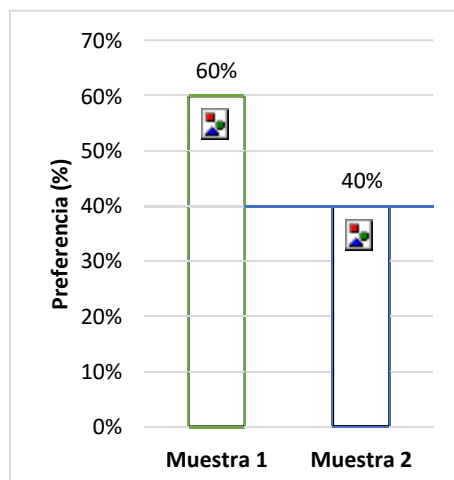


Figura 13. Diferencias de preferencias entre la Muestra 1 (arándanos tratados con ozono); y la Muestra 2 (arándanos sin tratamiento).

A pesar de que los resultados parecen presentar cierta diferencia entre los porcentajes correspondientes a cada característica organoléptica, aceptabilidad general y preferencia se observa que, aplicando un análisis estadístico, las medias no son significativamente diferentes ($p < 0.050$) en los resultados de las características mencionadas entre cada muestra. Por ende, es posible señalar que el tratamiento con ozono no ejerce un efecto característico sobre la calidad sensorial de los arándanos.

Es de conocimiento general que los consumidores "compran con los ojos" y, como resultado, la apariencia fresca y sana es el primer atributo de calidad percibido. La apariencia, el aroma, el color, el sabor y la textura son las características sensoriales clave que favorecen a la evaluación general de la calidad de un producto. Estas características pueden ser evaluadas por un grupo de participantes o jueces que formen parte de un grupo de consumidores frecuentes del producto, y que puedan describir productos sobre la base de vista, olfato, gusto o tacto (Velasco y Nijholt, 2018).

Resultados equivalentes fueron reportados en otros estudios de índole similar, los cuales no revelaron diferencias significativas entre muestras de frutas ozonizados y no ozonizados (Bialka y Demirci, 2007; Selma y otros, 2008; Doucette, 2009).

En ocasiones, los resultados obtenidos en el análisis sensorial no se correlacionan con los instrumentales. Como sugirió Rico y otros, (2006), esto podría deberse a la alta variabilidad del producto y / o la limitada capacidad discriminativa de la percepción humana.

2.3. Vida útil sensorial

En función del análisis de correlación de las características sensoriales de textura y aceptabilidad general (Tabla 6), se ha evaluado un posible efecto del ozono sobre la vida útil de los arándanos. Esta evaluación estaba enfocada netamente en determinar un posible efecto del ozono sobre la vida útil sensorial de los arándanos. Por lo que, los datos corresponden a la correlación de los resultados de Textura y Aceptabilidad en base al tratamiento que se especificó para la evaluación de calidad sensorial, la cual fue efectuada al quinto día de almacenamiento de las muestras de arándanos ozonizadas y sin tratar.

Dado que existe una relación positiva entre las propiedades organolépticas mencionadas ($0 < r < 1$), y una tendencia de preferencia (Figura 13) y aceptación por los arándanos tratados con ozono (Figura 6), se observa efectivamente un efecto positivo del ozono sobre la vida útil de los arándanos hasta el quinto día. Deducción que se reafirman tomando en cuenta los resultados obtenidos en la sección 4.1.

Tabla 6. Resultados de la prueba de correlación entre las características de Textura y Aceptabilidad.

Características	Textura	Aceptabilidad
Textura	1.00	1.3×10^{-4}
Aceptabilidad	0.75	1.00

La vida útil de un alimento está estrechamente sujeta al deterioro que sufre el producto en diferentes condiciones de trabajo, procesamiento, almacenamiento y post consumo (Carrillo, 2013). En productos frescos se observa una afectación directa de la calidad que, mayormente es ocasionada en el periodo de almacenamiento.

En base a los resultados obtenidos, la presente investigación demuestra que el ozono es un desinfectante prometedor para frutas como los arándanos. En la primera fase se estudió el efecto del ozono gaseoso sobre los parámetros de calidad del arándano. El gas de ozono (5 ppm) pudo reducir las esporas patógenas (mesófilos aeróbicos y mohos y levaduras) en la cámara de maduración tratada con ozono, pero no se logró la inactivación completa. Lo que significa que la fumigación con ozono podría reducir los casos de descomposición. Por otro lado, no se observó ningún efecto perjudicial del ozono gaseoso sobre el color, sabor, olor y, textura de los arándanos, tampoco hubo un efecto perjudicial sobre la aceptabilidad general de los arándanos tratados. Resultados que concuerdan con los obtenidos por Bialka K., (2007), en su estudio, en el que usando una concentración de 5% (p/p) no obtuvo un efecto tan grande en fresas y ninguno de los tratamientos resultó en un recuento de platos cero. Así mismo, Concha-Meyer y otros, (2015), reportan características organolépticas sin alteración

en aquellas muestras de arándanos tratados con O₃ y la eficacia del tratamiento sobre otros parámetros. El conocimiento adquirido a partir de entonces puede permitir la mejora de la calidad pos-cosecha de los alimentos de origen vegetal existentes o el desarrollo de alimentos saludables de alta calidad. La investigación futura podría enfocarse en indicadores similares con el uso de las herramientas y tecnologías acorde al indicador que se desee evaluar, con ello se podría comprobar los resultados de una manera más técnica.

V. CONCLUSIONES

- La concentración de ozono y tiempo de exposición óptimos para reducir al máximo la carga microbiana tanto de bacterias (Mesófilos aeróbicos) como de hongos presentes en los arándanos, fue de 5 ppm de ozono gaseoso durante 5 minutos de contacto, con un RED significativo ($p > 0.050$).
- La calidad sensorial de los arándanos tratados con ozono se mantuvo similar frente a la muestra testigo de acuerdo a su p valor, que resultaron ser mayor a 0.050. Ninguna de las propiedades organolépticas evaluadas presentó diferencias significativas entre las muestras ozonizadas y sin tratar, presentando ambas un buen grado de aceptación por el consumidor. En este sentido, se concluye que efectivamente el producto tratado con ozono presenta viabilidad para su venta, siendo de vital importancia evaluar los efectos de posibles prácticas innovadoras sobre las características sensoriales y organolépticas de un producto ya que, a nivel de mercado, las expectativas del consumidor determinan si un producto es aceptable o no (pasar a discusión).
- La vida útil de los arándanos mostró un efecto positivo hasta el día 5 en refrigeración a una concentración de 5 ppm de ozono durante 5 minutos, en función de los parámetros sensoriales y también de las características microbiológicas, concluyendo que la aplicación de ozono en los arándanos presenta un leve efecto sobre la vida útil de éstos.

VI. RECOMENDACIONES

- Con la finalidad de verificar el nivel nutricional y características fisicoquímicas exactas del arándano sometido al tratamiento con ozono, se recomienda realizar análisis fisicoquímicos y bromatológicos.
- Para una explicación con mayor profundidad sobre el mecanismo de acción del ozono y sus efectos fisiológicos, es recomendable realizar más estudios sobre el tema y su potencial uso industrial.
- Es importante desarrollar protocolos sobre los tratamientos con ozono para cada tipo de fruta en los que se podría aplicar este tratamiento, con el fin de facilitar al agricultor/empresa su utilización.
- Para una escala industrial, se deben realizar pruebas piloto antes de comenzar la aplicación comercial, porque cada aplicación de ozono es única.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aday, M., Beuyekcan, M., Temizkan, R., y Caner, C. (2014). Role of ozone concentrations and exposure times in extending shelf life of strawberry. *Ozone: Sci. Eng.* 36(1), 43-56.
- Adex. (2018). *CIEN-RIM N° 2018-01. Reporte de Inteligencia de Mercados*. Lima –Perú: Asociación de Exportadores. Obtenido de <http://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2018/09/Reporte-de-Inteligencia-de-Mercado-Arandanos.pdf>
- Aguayo, E., Escalona, H., y Artés, F. (2006). Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2), 169-177. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.11.005>.
- Alapont, C., Simón, P., y Torrejón, M. (2020). *Guía para la determinación de la vida útil de los alimentos*. Valencia: FEDACOVA. Obtenido de <https://www.fedacova.org/wp-content/uploads/2020/11/Guia-Determinaci%C3%B3n-Vida-%C3%A9til-2020.pdf>
- Ali, A., Ong, M., y Forney, C. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry*, 142(1), 19-26. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.039>
- Alzamora, S., Norma, S., Bibiana, A., y Leontina, S. (2010). *Conservación de frutas y hortalizas*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Andrade, M., Moreno, C., Guijarro, M., Ayora, A., y Pozo, R. (2019). Influencia del ozono gaseoso sobre la microflora nativa de frutas andinas: mora sin espinas (*Rubus glaucus*), uvilla (*Physalis peruviana*) y naranjilla (*Solanum quitoense*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 20, núm. 2, 1-6.
- Andrade, Moreno, Guijarro, Ayora, y Pozo. (2019). Influencia del ozono gaseoso sobre la microflora nativa de frutas andinas: mora sin espinas, uvilla y naranjilla. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 190-202. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81361553008/81361553008.pdf>
- ANMAT. (2014). *ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS*. Argentina: Administración nacional de medicamentos, alimentos y tecnología médica. doi:http://www.anmat.gov.ar/renaloe/docs/analisis_microbiologico_de_los_alimentos_vol_iii.pdf
- Barry-Ryan, D. R.-D. (2006). Effect of ozone and calcium lactate treatments on browning and texture properties of fresh-cut lettuce. *Science of Food and Agriculture*. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2594>
- Bataller-Venta, M., Santa Cruz, S., y García, M. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41(3), 155-164. Obtenido de <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=181220593001>
- Bialka, y Demirci, A. (2007). Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on blueberries using ozone and pulsed UV-light. *Food Microbiology and Safety*, 72, 391-396. doi:doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00517.x

- Bialka, K. (2007). *Decontamination of berries with ozone and pulsed uv-light*. The Pennsylvania State University. Obtenido de https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/3448
- Brazelton, C. (2015). *World Blueberry Acreage and Production*. EE.UU.: North American Blueberry Council. Obtenido de http://www.chilealimentos.com/2013/phocadownload/Aprocesados_congelados/nabc_2012-world-blueberry-acreage-production.p
- Brodowska, A., Nowak, A., y Smigielski, K. (2018). Ozone in the food industry: principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2176–2220. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1308313>
- Camacho, A., Giles, A., Ortegón, M., Palao, B., y Velázquez, S. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. México: 2ª ed. Facultad de Química, UNAM.
- Campuzano, S., Mejía, D., Madero, C., y Pabón, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. *NOVA*. 13 (23), 81-92. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n23/v13n23a08.pdf>
- Carrillo, M. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3), ISSN 2007-9990. doi:file:///C:/Users/dell/Downloads/Dialnet-VidaUtilDeLosAlimentos-5063620.pdf

- Cavalcante, D., Leite, B., Tribst, A., y Cristianini, M. (2013). Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment . *International Food Research Journal* 20(4), 1-6.
- Chu, W., Cheung, S., Lau, R., y Benzie, I. (2011). *Chapter 4 Bilberry (Vaccinium myrtillus L.)*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor y Francis.
- Chun, H., Kang, J., y Song, K. (2013). Effects of aqueous chlorine dioxide treatment and cold storage on microbial growth and quality of blueberries. *Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 56(3), 309–315. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1169157>
- Concha, A., Eifert, J., Williams, R., Marcy, J., y Welbaum, G. (2014). Shelf Life Determination of Fresh Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) Stored under Controlled Atmosphere and Ozone. *International Journal of Food Science Article ID 164143*, 1-6.
- Concha-Meyer, A., Eifert, J., Williams, R., Marcy, J., y Welbaum, G. (2015). Shelf Life Determination of Fresh Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) Stored under Controlled Atmosphere and Ozone. *International Journal of Food Science*. *International Journal of Food Science*. doi:<https://doi.org/10.1155/2015/164143>
- Contigiani, E., Jaramillo, G., Castro, M., Gómez, P., y Alzamora, S. (2018). Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x Ananassa Duch* cv. Albion) as affected by ozone wash-ing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. *Food and Bioprocess Technology*, 11(9), 1639–1650. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12110/paper_19355130_v11_n9_p1639_Contigiani

- Dao, T., y Dantigny, P. (2011). Control of food spoilage fungi by ethanol. *Food Control* 22(3-4), 360-368.
- Doucette, D. S. (2009). Effects of Ozone Treatment on *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum* in Relation to Horticultural Product Quality. *Journal of Food Science*. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01234.x>
- Endrizzi, I., Aprea, E., Biasioli, F., y Corollaro, M. (2014). Implementing Sensory Analysis Principles in the Quality Control of PDO Products: A Critical Evaluation of a Real-World Case Stud. *Journal of Sensory Studies* 28(1):14-24, 433-442.
- Erkmen, O. (2014). *Basic Methods for the Microbiological Analysis of Foods*. Turquia: Nobel Publishing. Obtenido de ISBN: 6051330747
- FAO. (2015). *Blueberry producing* . EE.UU: Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations Production. Obtenido de <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Flores, L. (2019). *RENDIMIENTO Y CALIDAD DE 20 PROGENIES DE ARÁNDANOS*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. doi:<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4160/flores-riveros-lenny-denis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Forney, C., Song, J., Hildebrand, P., Fam, L., y McRae, K. (2007). Interactive effects of ozone and 1-methylcyclopropene on decay resistance and quality of stored carrots. *Postharvest Biology and Technology*, 341-348. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.03.006>

- Glowacz, M., Colgan, R., y Rees, D. (2014). The use of ozone to extend the shelf-life and maintain quality of fresh produce. *J. Sci. Food Agric.* 95, 662–67.
- Greco, M., Patriarca, A., Terminiello, L., Fernández, V., y Pose, G. (2012). Toxigenic *Alternaria* species from Argentinean blueberries. *International Journal of Food Microbiology*, 154 (3), 187–191. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.004
- Horvitz, S., y Cantalejo, M. (2014). Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(3), 312–339. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.584353>
- IFT. (2007). *Sensory Evaluation Methods*. Chicago, EE.UU.: Institute of food Technologists (IFT) .
- Jian, F., Jayas, D., y White, N. (2013). Can Ozone be a New Control Strategy for Pests of Stored Grain? *Agric Res* 2, 1-6. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0046-2>
- Joanna, A., Nowak, A., y Smigielski, K. (2018). Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58:1, 2176-2201.
- Kamran, M., Sadiq, M., Rizwan, H., y Nasir, M. (2017). *Sensory Evaluation and Consumer Acceptability*. Pakistan: State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology, Jiangnan University.
- Lawless, H. (2013). *Laboratory Exercises for Sensory Evaluation*. New York: Springer.

- Li, B., Hayes, J., y Ziegler, G. (2015). Just-About-Right and ideal scaling provide similar insights into the influence of sensory attributes on liking. *Food Qual Prefer* 1; 37:, 71-78. doi:10.1016/j.foodqual.2014.04.019
- Magro, P., Stroschoen, R., Martins, A., Jablon, A., Hickmann, S., Oliveira, A. d., y Vogt, E. (2014). Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. *Food Sci. Technol (Campinas)* vol.34 no.4, 1-6. doi:https://doi.org/10.1590/1678-457X.6470
- Mahajan, P., Caleb, O., Singh, Z., Watkins, C., y Geyer, M. (2017). Postharvest treatments of fresh produce. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 372, 1-6. doi:10.1098/rsta.2013.0309
- Majumdar, A., Pradhan, N., Sadasivan, J., y Acharya, A. (2017). *Microbial Contamination y Food Degradation*. West Bengal, India: Handbook of Food Bioengineering, Elsevier.
- Manoj, C., y Sabikhi, L. (2019). Ozone Application in Food Processing. *Non-Thermal Processing of Foods* 6, 189–211. Obtenido de <https://doi.org/10.1201/b22017-1>
- Martinelli, M., Giovannangeli, F., Rotunno, S., Trombetta, C., y Montomoli, E. (2017). Water and air ozone treatment as an alternative sanitizing technology. *J Prev Med Hyg.* 58(1), 48-52. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5432778/>
- Michalska, A., y Łysia, G. (2015). Bioactive Compounds of Blueberries: Post-Harvest Factors Influencing the Nutritional Value of Products. *Int J Mol Sci.* 16(8), 18642–18663. doi:10.3390/ijms160818642

- Miller, F., Silva, C., y Brand, T. (2013). A Review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. *Food Eng. Rev.* 5(2), 77–106.
- Miller, F., Silva, C., y Brandao, T. (2013). A Review on Ozone-Based Treatments for Fruit and Vegetables Preservation. *Food Eng Rev*, 5, 77–106. doi:10.1007%2Fs12393-013-9064-5
- MINAGRI. (2016). *Producción, Comercio y Perspectivas 2016*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego . Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Obtenido de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf
- Minagri. (2019). *MINAGRI: Exportaciones de arándanos llegaron a los US\$ 589 millones el año pasado*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/24651-minagri-exportaciones-de-arandanos-llegaron-a-los-us-589-millones-el-ano-pasado>
- MINAGRI. (2019). *Producción de arándanos entre enero-abril creció en 105% por mayor demanda de mercados*. Lima, Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI).
- Montañez, V. (2013). *Métodos convencionales, rápidos y alternativos para el control microbiológico de la higiene en superficies*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona. doi:<https://core.ac.uk/download/pdf/19577111.pdf>
- Nadas , A., Olmo , M., y García, J. (2006). Growth of *Botrytis cinerea* and Strawberry Quality in Ozone-enriched Atmospheres. *Journal of Food Science*. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12332.x>

- Nadas, A., Olmo, M., y García, J. (2003). Growth of *Botrytis cinerea* and Strawberry Quality in Ozone-enriched Atmospheres. *Journal of Food Science*, 68(5), 1798-1802. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12332.x>
- Narayanan, P., Jin, C., y Clark, S. (2014). Use of just-about-right scales and penalty analysis to determine appropriate concentrations of stevia sweeteners for vanilla yogurt. *Journal of Dairy Science Volume 97, Issue 6*, 3262-3272.
- Nestby, R., Percival, D., Martinussen, I., Opstad, N., y Rohloff, J. (2011). The European blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and the potential for cultivation. A review. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology 136*, 1-6.
- Ortega, M., Gómez, I., Pablos, S. d., y González, M. (2019). Application of the Just-About-Right Scales in the Development of New Healthy Whole-Wheat Muffins by the Addition of a Product Obtained from White and Red Grape Pomace. *Foods*, 8, 419, 1-6. doi:[10.3390/foods8090419](https://doi.org/10.3390/foods8090419)
- Pangloli, P., y Hung, Y. (2013). Reducing microbiological safety risk on blueberries through innovative washing technologies. *Food Control 32(2)*, 621-625. doi:[10.1016/j.foodcont.2013.01.052](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.052)
- Piechowiak, T., Antos, P., Józefczyk, R., Kosowski, P., Skrobacz, K., y Balawejder, M. (2019). Impact of Ozonation Process on the Microbiological Contamination and Antioxidant Capacity of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruit during Cold Storage. *Ozone: Science y Engineering. The Journal of the International Ozone Association Volume 41 - Issue 4*. doi:<https://doi.org/10.1080/01919512.2018.1540922>

- Pino, C. (2007). *Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (Vaccinium corymbosum L.)*. Valdivia: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fap657d/doc/fap657d.pdf>
- Prabha, Barma, Singh, y Madan. (2015). Ozone Technology in Food Processing: A Review. *Trends in Biosciences*, 8(16), 4031-4047. doi:ISSN 0974-8,
- Pretell, C., Marquez, L., y Siche, R. (2016). Efecto del ozono gaseoso sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y apariencia general de Punica Granatum L. wonderful fresca. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 173 – 180. doi:10.17268/sci.agropecu.2016.03.03
- Remondino, M., y Valdenassi, L. (2018). Different Uses of Ozone: Environmental and Corporate Sustainability. Literature Review and Case Study. *Sustainability*, 10, 4783. doi:10.3390/su1012478
- Retamales, J., y Hancock, J. (2018). Blueberry Taxonomy and breeding. En J. B. Retamales, *Blueberries* (págs. 18-22). Boston. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=eVloDwAAQBAJypg=PA18ydyq=blueberry+taxonomy&hl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwii5svf9KfzAhWbQzABHdd8BKgQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=blueberry%20taxonomy&f=false>
- Rodoni, L., Casadei, N., Concellón, A., Chaves, A., y Vicente, A. (2010). Effect of Short-Term Ozone Treatments on Tomato (*Solanum lycopersicum L.*) Fruit Quality and

Cell Wall Degradation. *J. Agric. Food Chem.*, 58(1), 594–599.
doi:<https://doi.org/10.1021/jf9029145>

Rodríguez, E., Rodríguez, C., Gamboa, M., y Arias, M. (2010). Evaluación microbiológica de alimentos listos para consumo procesados por pequeñas industrias costarricenses. *ALAN v.60 n.2*, 136-142.

Romainville , M. (Marzo de 2021). Nuevo récord productivo del arándano peruano. *Redagícola Perú*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/nuevo-record-productivo-del-arandano-peruano/>

Selma, M., Ibáñez, A., Allende, A., Cantwell, M., y Suslow, T. (2008). Effect of gaseous ozone and hot water on microbial and sensory quality of cantaloupe and potential transference of *Escherichia coli* O157:H7 during cutting. *Food Microbiology*, 162-168. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.06.003>

Selma, M., Ibáñez, A., Cantwell, M., y Suslow, T. (2008). Reduction by gaseous ozone of *Salmonella* and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. *Food Microbiology*, 558-565. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.02.006>

Sierra Exportadora. (2012). *Perfil Comercial del arandano deshidratado*. Lima: Sierra Exportadora.

Singh, D., y Maharaj, R. (2014). Sensory Evaluation as a Tool in Determining Acceptability of Innovative Products Developed by Undergraduate Students in Food Science and Technology at The University of Trinidad and Tobago. *Journal of Curriculum and Teaching* 31 (1), 365-369. doi:[10.5430/jct.v3n1p10](https://doi.org/10.5430/jct.v3n1p10)

- Sirangelo, T. (2019). Sensory Descriptive Evaluation of Food Products: A Review. *Journal of Food Science and Nutrition Research* 2, 354-363.
- Skog, L., y Chu., C. (2001). Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(4), 773-778.
doi:<https://doi.org/10.4141/P00-110>
- Smilanick, Mansour, Gabler, y Sorenson. (2008). Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 226–238.
doi:[doi:10.1016/j.postharvbio.2007.06.020](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.06.020)
- Spence, C. (2016). Multisensory Flavor Perception. *Cell* 161(1), 122-129.
doi:[10.1016/j.cell.2015.03.007](https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007)
- Tapp, C., y Rice, R. (2012). *Generation and control of ozone. In: Ozone in Food Processing. 1st ed.* Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd., Chichester.
- Ubillus, E. (2019). *Efecto de la concentración de ozono y tiempo de contacto sobre la vida útil del arándano (Vaccinium myrtillus) fresco.* Lambayeque – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/5720/BC-4153%20UBILLUS%20GUIVAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Varese, C., Márquez, L., y Pretell, C. (2015). zono gaseoso en la conservación de las características de calidad en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). *Pueblo Cont. Vol. 26[2]*, 405-410.

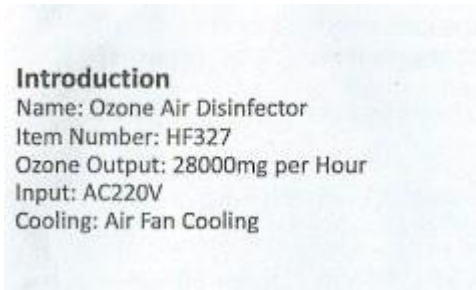
Vargas, T., y Villazante, L. (2014). Clasificación de los Microorganismos. *Rev. Act. Clin. Med* v.44, 326-331.

Velasco, C., y Nijholt, A. (2018). *Multisensory Human-Food Interaction*. Oslo, Noruega: Publisher: Frontiers Media.

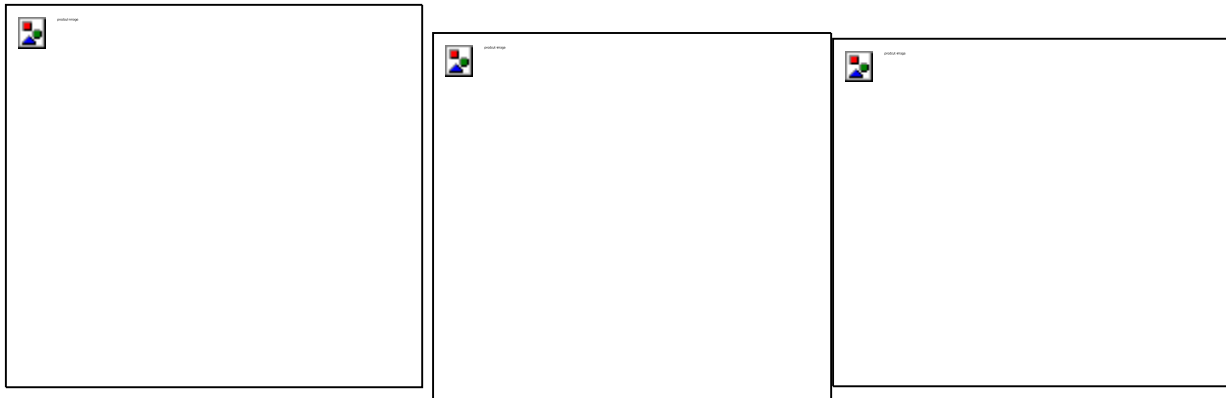
Zhang, , L., Lu, Z., Yu, Z., y Gao, X. (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*, 16(3), 279-283.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.03.007>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. EQUIPO GENERADOR DE OZONO



<https://www.aliexpress.com/item/4001115928306.html?spm=2114.12010615.8148356.1.4ebf757dDbPzTT>



Anexo 2.EQUIPO MEDIDOR DE OZONO

Detalles rápidos

Tipo:

Oxígeno, analizador de gas

Lugar del origen:

Henan, China

Marca:

Bosean

Número de Modalo:

BH-90A

Nombre del producto:

Ozono supervisará y control

Detección de Gas:

EX y gas tóxico

El uso de:

Seguridad

Tipo de:

Sf6 de densidad de Gas de vigilancia

Color:

Amarillo y negro



Nombre:

Portátil único Detector

Tipo de alarma:

Luz/sonido/vibración

Función:

Medida de la pureza

Tiempo de funcionamiento:

Trabajo continuo durante más de 10 horas



Anexo 3. FICHA DE ANALISIS SENSORIAL

Muestra 1: Arándanos sin tratamiento de Ozono

Muestra 2: Arándanos con tratamiento de Ozono

Análisis sensorial realizado a los arándanos tratados con ozono

Escala hedónica para medir el grado de aceptación de pasas de arándanos

Nombre y Apellidos: Edad: Fecha: .../.../.....

Indicaciones: Evalúe las muestras de ARÁNDANOS en sus atributos de color, olor, sabor y textura. Empiece evaluando primero el color, luego el olor, después sabor y por último textura.

A continuación, se presenta la escala hedónica:

Me disgusta extremadamente	1
Me disgusta mucho	2
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta levemente	4
No me gusta ni me disgusta	5
Me gusta levemente	6
Me gusta moderadamente	7

Me gusta mucho	8
Me gusta extremadamente	9

1. Evaluación de atributos.

Marque con un X donde corresponde el número

Muestra:.....

Atributo /	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Escala									
Color									
Sabor									
Textura									

Marque con un X donde corresponde el número

Muestra:.....

Atributo /	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Escala									
Color									
Sabor									
Textura									

2. Aceptabilidad general

Atributo /	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Escala									
Muestra									
Muestra									

Resultados

Panelista	Color	sabor	Textura	Aceptabilidad
1				
2				
3				
4				

Anexo 4. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Color.

Muestra	Estadística descriptiva		Diagrama de tallo y hojas - Color
Muestra 1	n	20	Unidad del tallo= 1 Unidad de la hoja= 0.1 Frecuencia Tallo Hoja 5 6 0 0 0 0 0 7 7 0 0 0 0 0 0 0 5 8 0 0 0 0 0 3 9 0 0 0 20 <hr/>
	Media	7.30	
	Desviación estándar	1.03	
	Varianza	1.06	
	Mínimo	6	
	Máximo	9	
	Q1	6.75	
	Mediana	7.00	
	Q3	8.00	
	Moda	7.00	
Muestra 2	n	20	Unidad del tallo= 1 Unidad de la hoja= 0.1
	media	7.15	
	Desviación estándar	1.31	
	Varianza	1.71	
	Mínimo	4	
	Máximo	9	
	Q1	6.75	
	Mediana	7.00	

	Q3	8.00			
	Moda	7.00			
	<hr/>				
			Frecuencia	Tallo	Hoja
			1	4	0
			1	5	0
			3	6	0 0 0
			7	7	0 0 0 0 0 0 0
			5	8	0 0 0 0 0
			<u>3</u>	9	0 0 0
			20		

Anexo 5. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Olor.

Muestra	Estadística descriptiva	Diagrama de tallo y hojas - Olor
Muestra 1	n 20	Unidad del tallo= 1
	media 6.80	Unidad de la hoja= 0.1
	Desviación estándar 1.44	Frecuencia Tallo Hoja
	Varianza 2.06	1 4 0
	Mínimo 4	3 5 0 0 0
	Máximo 9	4 6 0 0 0 0
	Q1 6.00	6 7 0 0 0 0 0 0
	Mediana 7.00	3 8 0 0 0
	Q3 8.00	3 9 0 0 0
	Moda 7.00	20
Muestra 2	n 20	Unidad del tallo= 1
	media 6.40	Unidad de la hoja= 0.1
	Desviación estándar 1.67	Frecuencia Tallo Hoja
	Varianza 2.78	1 2 0
	Mínimo 2	0 3
	Máximo 9	1 4 0
	Q1 5.00	4 5 0 0 0 0
	Mediana 7.00	2 6 0 0
	Q3 7.25	7 7 0 0 0 0 0 0
	Moda 7.00	4 8 0 0 0 0 1 9 0 20

Anexo 6. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Sabor.

Muestra	Estadística descriptiva	Diagrama de tallo y hojas - Sabor																											
Muestra 1	n 20	Unidad del tallo= 1																											
	media 6.00	Unidad de la hoja= 0.1																											
	Desviación estándar 1.52	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Frecuencia</th> <th style="text-align: left;">Tallo</th> <th style="text-align: left;">Hoja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6</td> <td>0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>7</td> <td>0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8</td> <td>0 0 0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Tallo	Hoja	1	3	0	4	4	0 0 0 0	1	5	0	5	6	0 0 0 0 0	6	7	0 0 0 0 0 0	3	8	0 0 0	20					
	Frecuencia	Tallo	Hoja																										
	1	3	0																										
	4	4	0 0 0 0																										
	1	5	0																										
	5	6	0 0 0 0 0																										
	6	7	0 0 0 0 0 0																										
	3	8	0 0 0																										
	20																												
Varianza 2.32																													
Mínimo 3																													
Máximo 8																													
Q1 4.75																													
Mediana 6.00																													
Q3 7.00																													
Moda 7.00																													
Muestra 2	n 20	Unidad del tallo= 1																											
	media 5.85	Unidad de la hoja= 0.1																											
	Desviación estándar 1.39	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Frecuencia</th> <th style="text-align: left;">Tallo</th> <th style="text-align: left;">Hoja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>0 0 0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>6</td> <td>0 0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>7</td> <td>0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Tallo	Hoja	1	2	0	0	3		2	4	0 0	3	5	0 0 0	7	6	0 0 0 0 0 0 0	6	7	0 0 0 0 0 0	1	8	0	20		
	Frecuencia	Tallo	Hoja																										
	1	2	0																										
	0	3																											
	2	4	0 0																										
	3	5	0 0 0																										
	7	6	0 0 0 0 0 0 0																										
	6	7	0 0 0 0 0 0																										
	1	8	0																										
20																													
Varianza 1.92																													
Mínimo 2																													
Máximo 8																													
Q1 5.00																													
Mediana 6.00																													
Q3 7.00																													
Moda 6.00																													

Anexo 7. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Textura.

Muestra	Estadística descriptiva	Diagrama de tallo y hojas - Textura																									
Muestra 1	n	20																									
	media	6.45																									
	Desviación estándar	1.54																									
	Varianza	2.37																									
	Mínimo	3																									
	Máximo	8																									
	Q1	6.00																									
	Mediana	7.00																									
	Q3	7.25																									
	Moda	7.00																									
			Unidad del tallo= 1 Unidad de la hoja= 0.1 <hr/> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Tallo</th> <th>Hoja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>0 0 0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> <td>0 0 0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>7</td> <td>0 0 0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8</td> <td>0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Tallo	Hoja	1	3	0	3	4	0 0 0	0	5		3	6	0 0 0	8	7	0 0 0 0 0 0 0 0	5	8	0 0 0 0 0	20		
	Frecuencia	Tallo	Hoja																								
1	3	0																									
3	4	0 0 0																									
0	5																										
3	6	0 0 0																									
8	7	0 0 0 0 0 0 0 0																									
5	8	0 0 0 0 0																									
20																											
Muestra 2	n	20																									
	media	6.00																									
	Desviación estándar	1.08																									
	Varianza	1.16																									
	Mínimo	4																									
	Máximo	8																									
	Q1	5.00																									
	Mediana	6.00																									
	Q3	7.00																									
	Moda	6.00																									
			Unidad del tallo= 1 Unidad de la hoja= 0.1 <hr/> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Tallo</th> <th>Hoja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>6</td> <td>0 0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>7</td> <td>0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Tallo	Hoja	2	4	0 0	4	5	0 0 0 0	7	6	0 0 0 0 0 0 0	6	7	0 0 0 0 0 0	1	8	0	20					
	Frecuencia	Tallo	Hoja																								
2	4	0 0																									
4	5	0 0 0 0																									
7	6	0 0 0 0 0 0 0																									
6	7	0 0 0 0 0 0																									
1	8	0																									
20																											

Anexo 8. Resultados del análisis sensorial y diagrama de tallo y hojas en base a la característica de Aceptabilidad general.

Muestra	Estadística descriptiva		Diagrama de tallo y hojas – Aceptabilidad general																													
Muestra 1	n	20	Unidad del tallo= 1																													
	media	6.50	Unidad de la hoja= 0.1																													
	Desviación estándar	1.28	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Frecuencia</th> <th style="width: 20%;">Tallo</th> <th style="width: 60%;">Hoja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>0 0 0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6</td> <td>0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>7</td> <td>0 0 0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8</td> <td>0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Frecuencia	Tallo	Hoja	1	3	0	0	4		3	5	0 0 0	4	6	0 0 0 0	8	7	0 0 0 0 0 0 0 0	4	8	0 0 0 0	20					
	Frecuencia	Tallo	Hoja																													
	1	3	0																													
	0	4																														
	3	5	0 0 0																													
	4	6	0 0 0 0																													
	8	7	0 0 0 0 0 0 0 0																													
	4	8	0 0 0 0																													
20																																
Varianza	1.63																															
Mínimo	3																															
Máximo	8																															
Q1	6.00																															
Mediana	7.00																															
Q3	7.00																															
Moda	7.00																															
Muestra 2	n	20	Unidad del tallo= 1																													
	media	6.15	Unidad de la hoja= 0.1																													
	Desviación estándar	1.39	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Frecuencia</th> <th style="width: 20%;">Tallo</th> <th style="width: 60%;">Hoja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>0 0 0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>6</td> <td>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8</td> <td>0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Frecuencia	Tallo	Hoja	1	2	0	0	3		0	4		3	5	0 0 0	10	6	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	2	7	0 0	4	8	0 0 0 0	20		
	Frecuencia	Tallo	Hoja																													
	1	2	0																													
	0	3																														
	0	4																														
	3	5	0 0 0																													
	10	6	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																													
	2	7	0 0																													
4	8	0 0 0 0																														
20																																
Varianza	1.92																															
Mínimo	2																															
Máximo	8																															
Q1	6.00																															
Mediana	6.00																															
Q3	7.00																															
Moda	6.00																															