

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



**EFFECTO DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN CON OZONO GASEOSO Y
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS, RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS Y
ACEPTABILIDAD GENERAL DE ARILOS DE GRANADA (*PUNICA
GRANATUM L.*) MÍNIMAMENTE PROCESADA.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ORIANA JANNET MALDONADO CABADA

TRUJILLO, PERÚ

2014

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Freddy Pérez Azahuanche
Presidente

Ms. Luis Márquez Villacorta
Secretario

Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna
Vocal

Ms. Carla Pretell Vásquez
Asesor

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María que me han dado la vida y fortaleza
para terminar este proyecto de investigación.

A mis padres, por ser un ejemplo a seguir,
por su apoyo constante, y su inmenso amor.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Carla Pretell por sus enseñanzas, tiempo, apoyo y confianza mi gratitud infinita.

A mis padres y abuelita por su amor incondicional, por su esfuerzo, sacrificio y paciencia demostrados todos estos años, gracias por todo lo que me han dado.

A mis amigos Naty, Victor y Karla por su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	4
2.1. GENERALIDADES.....	4
2.1.1. Descripción Botánica	4
2.1.2. Operaciones básicas de acondicionamiento en granada.....	5
2.1.3. Variedades del fruto	7
2.1.4. Composición nutricional del arilo de granada.....	8
2.2. COMPUESTOS ANTIOXIDANTES	10
2.2.1 Antocianinas	10
2.3. DESINFECCIÓN DE FRUTAS	11
2.3.1. Métodos Físicos.....	11
2.3.2. Métodos Químicos:.....	12
2.4. EL OZONO (O ₃).....	12
2.4.1 Aplicación de Ozono en la Industria Alimentaria.....	15
2.5. DAÑO POR FRIO (DF)	18
2.6. CAMBIOS RELACIONADOS CON EL ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA.....	18
2.6.1. Pérdida de peso.....	20
2.6.2. Firmeza.....	21
2.6.3. Color	22
2.6.4. Sabor	23
2.7. EVALUACIÓN SENSORIAL EN ALIMENTOS	23

2.6.1 Tipos de prueba.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. LUGAR, MATERIA PRIMA, EQUIPOS E INSTRUMENTOS	25
3.1.1. Lugar de ejecución	25
3.1.2. Materia prima.....	25
3.1.3. Materiales	25
3.1.4. Reactivos.....	25
3.1.5. Equipos e instrumentos de laboratorio	26
3.2. MÉTODO EXPERIMENTAL.....	67
3.2.1. Esquema experimental	27
3.2.2. Diagrama de flujo del proceso experimental.....	28
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS	30
3.3.1. Pérdida de peso.....	30
3.3.2. Sólidos Solubles.. ..	30
3.3.3. Color.....	30
3.3.4. Recuento de mohos y levaduras.. ..	31
3.3.5. Contenido de antocianinas.	31
3.3.6. Evaluación sensorial de aceptabilidad general	32
3.3.7. Método estadístico.....	33
IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	35
4.1. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso.....	35
4.2. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre contenido de sólidos solubles	41
4.3. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre los parámetros de color L* y a*.	46
4.4. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre contenido de antocianinas totales	56
4.5. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras	61

4.6. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general.	68
V. CONCLUSIONES.....	72
VI RECOMENDACIONES	73
IX. BIBLIOGRAFÍA.	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional del arilo de granada	9
Cuadro 2. Prueba de Levene para la pérdida de peso de arilos de granada expuesto a ozono gaseoso	38
Cuadro 3. Analisis de varianza de la pérdida de peso en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	39
Cuadro 4. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	44
Cuadro 5. Prueba de Levene para el contenido de sólidos solubles en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	44
Cuadro 6. Analisis de varianza del contenido de sólidos solubles en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	44
Cuadro 7. Prueba de Duncan para el contenido de sólidos solubles en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	45
Cuadro 8. Prueba de Levene para el valor de luminosidad L* en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	49

Cuadro 9. Analisis de varianza para del valor de luminosidad L* en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	50
Cuadro 10. Prueba de Duncan para del valor de luminosidad L* en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	51
Cuadro 11. Prueba de levene para el valor de a* en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	53
Cuadro 12. Análisis de varianza para el valor de a* en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	54
Cuadro 13. Prueba de Duncan para el valor de a* en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	55
Cuadro 14. Prueba de Levene para el valor de antocianinas totales en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	58
Cuadro 15. Analisis de varianza del valor de antocianinas totales en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	59

Cuadro 16. Prueba de Duncan para el valor de antocianinas totales en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	60
Cuadro 17. Prueba de Levene para el recuento de mohos y levaduras en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	65
Cuadro 18. Analisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	66
Cuadro 19. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	67
Cuadro 20. Prueba de Fridman para la aceptabilidad general en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	70
Cuadro 21. Prueba de Wilconxon para la aceptabilidad general en arilos de granada minimamente procesada expuesta a ozono gaseoso	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto Granada “Mollar Elche”	5
Figura 2. Esquema experimental para la evaluación de arilos de granada desinfectada con ozono	27
Figura 3. Procedimiento experimental para la elaboración de arilos de granada mínimamente procesada.....	28
Figura 4. Tarjeta de evaluación de aceptabilidad general para arilos de granada mínimamente procesada.....	34
Figura 5. Pérdida peso en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.....	35
Figura 6. Sólidos Solubles en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento	41
Figura 7. Valores de luminosidad (L^*) en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento	46
Figura 8. Valores de a^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento	52
Figura 9. Antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento	56

Figura 10. Antocianinas totales en arilos de granada minimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en funcion de los dias de almacenamiento	61
Figura 11. Aceptabilidad general en arilos de granada minimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en funcion de los dias de almacenamiento	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Pérdida de peso (%) en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso durante el almacenamiento	84
Anexo 2. Contenido de sólidos solubles (°Brix) arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso durante el almacenamiento	85
Anexo 3. Valor de luminosidad L* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso durante el almacenamiento	86
Anexo 4. Valor de a* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso durante el almacenamiento.....	87
Anexo 5. Contenido de antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso durante el almacenamiento	88
Anexo 6. Recuento de Mohos y Levaduras (ufc/g) arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso durante el almacenamiento	89
Anexo 7. Resultados de la evaluación sensorial durante el almacenamiento	90
Anexo 8 Datos de la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en arilos de granada expuesto a ozono gaseoso.....	94
Anexo 9 Proceso de elaboración de arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.....	98
Anexo 10 Tratamiento de C, T ₁ y T ₂ al final del almacenamiento.....	99

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tratamiento de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en arilos de granada mínimamente procesada. Los arilos de granada "Wonderfull" fueron clasificados, pesados y envasados en bandejas con tapa ventilada, tratados en una cámara con ozono gaseoso durante 10 y 20 minutos, con un flujo de 500 mg/h y se almacenaron a 5 °C durante 12 días. Las muestras fueron evaluadas cada 4 días. El análisis de varianza denotó efecto significativo del tratamiento con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas. La prueba de Duncan determinó que la muestra de 20 minutos de exposición a ozono gaseoso presentó la menor pérdida de peso, contenido de sólidos solubles y recuento de mohos y levaduras; así como, mayor color (L^* , a^*) y antocianinas totales al final del almacenamiento. El análisis sensorial mostró mayor aceptación para la prueba expuesta a 20 minutos de ozono gaseoso además la prueba de Fridman mostró efecto significativo del tratamiento con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento

ABSTRACT

It was evaluated the effect of ozone gas and storage time on the physical and chemical characteristics, molds and yeasts count and general acceptability of minimally processed pomegranate arils.

Wonderful pomegranate arils were sort, weighed, and filled into vented sealed trays, treated in a chamber with ozone gas during 10 and 20 minutes, with a flow rate of 500 mg/h and the stored at 5°C for 12 days. Samples were evaluated for 4 days. The variance analysis showed a meaning effect of the ozone gas treatment and the storage time on the physical, chemical and microbiological characteristics of the product. The Duncan test determined the sample that was exposed to ozone gas for 20 minutes was the one which showed less weight loss, less soluble solids and less molds and yeasts count; also showed more color (L^* , a^*) and more total anthocyanins at the end of storage time. The sample which was exposed to ozone gas for 20 minutes was the more accepted between the panelists, besides the Fridman tests showed a meaning effect of both the ozone gas treatment and the storage time.

I. INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas frescas tienen un importante valor tanto económico como nutricional. Son consideradas los mejores transportadores de vitaminas, minerales, fibra dietaria, antioxidantes, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además proveen de carbohidratos, proteínas y calorías. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de diferentes enfermedades como las cardiovasculares el cáncer entre otras (MINSA, 2011).

La granada es una fruta que contiene compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides (principalmente antocianinas), además los arilos de granada son una fuente importante de ácidos grasos insaturados como linoleico, linolenico, púnico, oleico, esteárico y palmítico, que contribuyen a mantener un buen estado de salud, por tal motivo el fruto está considerado como un alimento funcional ya que sus componentes no solo son nutrientes sino que también afectan de manera positiva en la salud del consumidor (Carbonel y Sánchez, 2012). Sin embargo, las malas prácticas durante la siembra y cosecha pueden ocasionar defectos como rajadura profunda, frutos picados, presencia de hongo interno, coloración atípica de la cáscara, arilos con coloración ámbar siendo aún más críticos la presencia de larvas, descomposición, contaminación (pesticidas, herbicidas y microorganismo) y presencia de gusanos por tal motivo se requiere una limpieza y desinfección efectiva. La desinfección durante su procesamiento no siempre es eficaz, además, estos lavados generan

aguas residuales con una elevada concentración de microorganismos y productos químicos. Esto explica la importancia de aplicar alternativas de tratamiento eficaces para dar solución a ambas problemáticas (Bataller y otros, 2012). Además actualmente, el aumento en las exigencias de las regulaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha obligado a una selección más rigurosa de los desinfectantes utilizados en los procesos de lavado de frutas y hortalizas (Bataller-Venta y otros, 2010). Hoy en día, la industria alimentaria dirige sus investigaciones al desarrollo de tecnologías y a la aplicación de desinfectantes seguros y efectivos, tanto para el lavado como para la conservación de los alimentos. El ozono, dado su elevado poder germicida y su descomposición espontánea al oxígeno, se ha convertido en un agente potencial para garantizar la seguridad microbiológica y la calidad de los alimentos. La aplicación del ozono tanto en fase gaseosa y acuosa, permite inactivar bacterias, virus, hongos y parásitos que contaminan los alimentos. También hay estudios de degradación de micotoxinas con ozono. Aunque es un objetivo difícil, la prevención de la contaminación por hongos es la mejor solución para el problema de las micotoxinas en los alimentos. Por lo tanto, la ozonización resulta una alternativa útil. Respecto a las frutas y hortalizas existe información de que el ozono bajo condiciones adecuadas de exposición, durante el lavado y almacenamiento, extiende la vida de útil y preserva las

características organolépticas de estos productos (Bataller y otros, 2012; Seminario y otros, 2010; Castro y Quispe 2010).

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición (10 y 20 min.) con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento (0, 4, 8 y 12 días) sobre las características fisicoquímicas (pérdida de peso, sólidos solubles, color y contenido de antocianinas), recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arilos de granada (*Punica granatum L.*) mínimamente procesada?

Los objetivos propuestos para esta investigación son los siguientes:

- Evaluar el efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arilos de granada fresca.
- Determinar el tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento que permita obtener las mejores características fisicoquímicas, el menor recuento de mohos y levaduras y mayor aceptabilidad general de arilos de granada fresca.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Descripción Botánica

El granado (*Punica granatum*) es un árbol pequeño de la familia de las puniaceas. Es un arbusto caducifolio que puede alcanzar de 5 a 8 m de altura. El fruto es una baya globular con una corteza coriácea. La granada crece en climas templados, en las regiones más secas del Mediterráneo, como España, Indias Orientales, África tropical y de América (Fernández, 2012).

El fruto de la granada es redondo y de color amarillo-rojizo, llena de numerosos “arilos” que contienen un zumo de color rojo intenso. Alrededor del 50 % del peso total de la granada corresponde a la corteza y a las membranas carpelares, que son una fuente importantísima de compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, elagitaninos, proantocianidinas y minerales principalmente potasio, nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio y sodio (Carbonel y Sánchez, 2012).



Fuente: Fernández, 2012

Figura 1. Fruto Granada "Mollar Elche"

2.1.2. Operaciones básicas de acondicionamiento en granada

Según la FAO (2006), indica que:

- a) **Almacenamiento:** La temperatura óptima de almacenamiento es 5°C por un máximo de 2 meses; para un almacenamiento más prolongado, se debe usar una temperatura de 10°C para evitar daños por frío.
- b) **Humedad relativa (HR):** La HR óptima es 90-95%; las granadas son muy susceptibles a la pérdida de agua que produce arrugamiento de la piel. El almacenamiento de la fruta en un revestimiento de plástico o el uso de ceras pueden disminuir pérdidas de agua, especialmente en condiciones de humedad relativa baja.
- c) **Tasa de respiración:** 2-4 mL CO₂/kg.h a 5°C, 4-8 mL CO₂/kg.h a 10°C, y 8-18 mL CO₂/kg.h a 20°C.

- d) Tasa de producción de etileno:** menos de 0.1 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$ a 10°C y menos de 0.2 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$ a 20°C.
- e) Efectos del etileno:** La exposición a una concentración igual o mayor a 1 ppm de etileno, estimula la respiración y la tasa de producción de etileno, pero no afecta las características cualitativas de la fruta. Las granadas no maduran tras la cosecha, por lo que deben cosecharse completamente maduras para asegurar la mejor calidad para el consumo, debido a que está catalogada como una fruta no climatérica, debido a que tiene una baja tasa de respiración (Valero y otros 2007).
- f) Efectos de las atmósferas controladas:** Si se almacenan a menos de 5°C, las concentraciones del 2% O_2 ayudan a disminuir los daños por frío.

López-Rubina y otros (2007) evaluaron el almacenamiento en atmósfera controlada (AC) con 5 kPa O_2 + 10 kPa CO_2 y 20 kPa O_2 + 15 kPa CO_2 y concluyeron que tras 21 semanas de almacenamiento a 5 °C y 95% de HR se desarrollaron olores y sabores extraños y pardeamiento de los arilos, determinándose que 15 kPa de CO_2 es perjudicial para la calidad interna del fruto. Para ambas evaluaciones, el almacenamiento en AC no influyó en parámetros de calidad como, pH, sólidos totales, acidez y textura de los frutos.

2.1.3. Variedades del fruto

Según Taipe (2012), indica que las variedades de granada cultivadas en el Perú son las siguientes:

a) Wonderfull – California

Es la variedad más cultivada y exportada en el Perú, es un árbol de tamaño mediano, fruto grande (promedio 500 g), su madurez se da en la primera semana de abril, el color de los arilos es rojo oscuro con un alto contenido de jugo, su sabor es agrídulce y tiene un alto rendimiento por encima de las 40 TM/ha.

b) Mollar de Elche

Es un árbol de tamaño mediano así como su fruto (400 g), su madurez en el Perú se da la segunda semana de marzo, el color de los arilos es rojo oscuro y su tamaño es mediano, su sabor es dulce y el periodo de almacenamiento es corto.

c) Acco & Shani

Es un árbol de tamaño mediano con un fruto de tamaño medio (300 g) madura, en el Perú, la segunda semana de febrero, tiene arilos de color rojo, tamaño mediano y sabor dulce y es segunda variedad más cultivada en el Perú.

d) Emeq

Es un árbol de tamaño mediano y fruto medio (400 g.), su madurez en el Perú se da la segunda semana de Enero, tiene arilos de color rojo, tamaño mediano y sabor dulce, tiene un rendimiento de 30 TM/ha.

e) Kamel

Es un árbol de tamaño grande y fruto mediano (300 g.), su madurez se da en la segunda semana de marzo, posee arilos de color rojo intenso, tamaño mediano y sabor dulce, tiene un rendimiento de 30 – 40 TM/ha.

f) Purple

Es un árbol de tamaño pequeño, fruto de tamaño medio (300 g.), su madurez se da segunda semana de mayo, la corteza es de color negro purpura, posee arilos de color rojo purpura, tamaño mediano y sabor dulce, el rendimiento es de 30 TM/ha.

2.1.4. Composición nutricional del arilo de granada

En el Cuadro 1 se muestra la composición nutricional del arilo de granada.

Cuadro 1. Composición nutricional del arilo de granada (100 g parte comestible)

Componente	Unidad	Valor
Agua	g	80.97
Energía	Kcal	68
Proteína	g	0.95
Grasa	g	0.30
Carbohidratos	g	17.17
Fibra Dietética	g	0.6
Azúcares totales	g	16.57
Vitamina C	g	6.1×10^{-3}
Vitamina A	UI	108
Vitamina E	g	0.6×10^{-3}
Vitamina K	g	4.6×10^{-6}
Fitoesteroles	g	17×10^{-3}
α - caroteno	g	50×10^{-6}
β - caroteno	g	40×10^{-6}

Fuente: Carbonel y Sánchez (2012).

Según Mondragón y Juárez (2008) indican que el uso de arilos de granada es en fresco, mermeladas, vinos, vinagres, arilos deshidratados, condimento alimentario y como ingredientes de cosméticos en cremas, aceites, geles, etc.

2.2. COMPUESTOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son un conjunto heterogéneo de sustancias formadas por vitaminas, minerales, enzimas, pigmentos naturales y otros compuestos vegetales tales como los fenoles, que bloquean el efecto dañino de los radicales libres. Estos actúan como limpiadores absorbiendo radicales libres antes de que éstos consigan crear estragos en el cuerpo humano. Algunos antioxidantes son los mismos colorantes naturales que otorgan al alimento su apariencia característica, el rojo profundo de las cerezas o de los tomates, el naranja de las zanahorias y el color amarillo del maíz, los mangos y el azafrán. Los antioxidantes más conocidos son las vitaminas A, C y E, el betacaroteno, compuestos fenólicos y el selenio (IFIC, 2002).

2.2.1. Antocianinas

Las antocianinas (del Griego *anthos* significa flores y *kyanos* azul) son uno de los pigmentos más importante de las plantas, visibles al ojo humano. Las antocianinas, que se diferencian de otros polifenoles por poseer azúcares dentro de sus grupos funcionales y, en su mayoría, presentar varios grupos -OH. Las diferencias individuales entre las antocianinas dependen del número de grupos hidroxilo, la naturaleza y número de azúcares que están unidos a la molécula, a la posición de esa unión y la naturaleza y número de

ácidos aromáticos unidos al azúcar en la molécula (Wei-Dong y Shi-Ying, 2007).

Las antocianinas son compuestos fenólicos que se encuentran principalmente en frutos, flores y hojas de las plantas, y son las responsables de conferir los colores rojo, azul y violeta. Se sintetizan a partir de la conversión de los precursores fenilalanina y acetato, vía el metabolismo del fenilpropanoide, y se acumulan en las vacuolas de las células hipodermales (Del Valle y otros, 2005).

2.3. DESINFECCIÓN DE FRUTAS

Según Garmedia y Vero (2009) indican que existen varios métodos para reducir la flora superficial de las frutas. Cada método tiene ventajas y desventajas dependiendo del tipo de producto y del proceso. En general los métodos utilizados se basan en procesos físicos y/o químicos.

2.3.1. Métodos Físicos:

- Remoción mecánica
- Tratamientos térmicos: Se considera el curado y la inmersión en agua caliente. Estos métodos se basan en la aplicación de temperaturas elevadas a diferentes tiempos con la finalidad de reducir la flora microbiana.

2.3.2. Métodos Químicos:

Los métodos químicos involucran el uso de agentes químicos como desinfectantes superficiales. En general estos desinfectantes químicos se utilizan en soluciones acuosas, sin embargo existen algunos casos de desinfectantes gaseosos. Cuando se evalúa la acción de un método desinfectante en general se determina la reducción de la carga microbiana alcanzada con el tratamiento. Esta reducción se puede expresar en porcentaje, en órdenes o unidades logarítmicas (log). Debido al daño potencial para la salud en los últimos años hay un control del uso de desinfectantes empleados en la etapa de lavado, tales como soluciones de hipoclorito. Por otra parte, existe la necesidad de evaluar agentes antimicrobianos que sean potentes debido al incremento de enfermedades transmitidas por alimentos y al surgimiento de patógenos emergentes y resistentes a los tratamientos convencionales (Garmedia y Vero, 2009).

2.4. EL OZONO (O₃)

El ozono es oxígeno enriquecido (O₃), consta de tres átomos de oxígeno. Es inestable y se descompone con cierta facilidad en oxígeno normal (O₂). Debido a esta característica, el ozono actúa con gran eficiencia como desinfectante y oxidante. Es un gas

ligeramente azul, de olor característico, es poco soluble en agua y muy volátil (Parzanese, 2010).

Es uno de los desinfectantes químicos más efectivos y es considerado un fuerte agente antimicrobiano. Su aplicación a concentraciones relativamente bajas y tiempos de contacto cortos, permite la inactivación de microorganismos, garantizando la calidad del producto agrícola e incrementando su resistencia al deterioro. (Bataller y otros, 2012).

La ozonización como alternativa en el tratamiento y conservación de alimentos se ha extendido en el lavado para la desinfección, en el almacenamiento y en la elaboración. La aplicación del ozono en fase gaseosa, en productos frutícolas y hortícolas, además de tener un efecto importante en la inactivación de microorganismos, interviene en la disminución de la concentración de etileno, debido a que el ozono degrada al etileno en el aire. El ozono gaseoso puede bombearse hacia el interior del local de almacenamiento, de manera continua o intermitente, insertando los ozonizadores en la unidad de ventilación o aire acondicionado que garantiza la climatización. También, tratamientos puntuales son realizados en tiempos muy cortos y bajo elevadas concentraciones, respecto a las empleadas durante el almacenamiento (Bataller y otros, 2010).

Entre los factores que han incidido en el incremento de las aplicaciones del ozono en la industria alimentaria se tiene:

- El aumento de la demanda de alimentos frescos, nutritivos y seguros.
- Las ventajas del ozono respecto al cloro en el proceso de lavado son numerosas. La toxicidad del cloro debido a los subproductos de reacción implica un riesgo potencial para la salud y el medio ambiente. Existen reportes de brotes de contaminación en alimentos por microorganismos resistentes al cloro. En este sentido, el ozono ha sido propuesto como una alternativa de desinfección segura (Castro y Quispe, 2010).

Sopher, (2007) evaluó la exposición de racimos de uvas a un flujo de ozono gaseoso de 8 mg/min durante 20 min y observaron una considerable reducción de colonias de bacterias, hongos y levaduras, además en el almacenamiento a temperaturas bajas apreciaron una disminución de las pérdidas por pudrición. Por otro lado, se logró el control de la inactivación de uvas inoculadas previamente con *Rhizopus stolonife* y los resultados fueron similares a la fumigación con dióxido de azufre

2.4.1. Aplicación de Ozono en la Industria Alimentaria

Pérez (2012), indica que las aplicaciones en la industria alimentaria son:

- a) En cámaras frigoríficas:** Es posible afirmar que la ozonización cumple cuatro objetivos esenciales que aseguran una correcta conservación de los alimentos, tanto en cámaras frigoríficas como en locales de manipulación, conservación y distribución, mantiene la limpieza y desinfección del ambiente, evita o disminuye la pérdida de peso de los alimentos durante su almacenamiento, desodoriza completamente el ambiente, impidiendo la transmisión de olores de un alimento a otro, favorece la conservación de los alimentos por un período de tiempo mayor. Dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad y del tipo de producto a conservar, la dosis de aplicación de ozono generalmente en cámaras frigoríficas varía de 0.6 a 1.6 mg/m³.
- b) En la conservación de los Vegetales:** El tratamiento con ozono en frutas y vegetales retrasa en un 20 ó 30% la maduración, lo que permite la prolongación de su vida útil. Esto se debe principalmente a la acción del ozono sobre el etileno ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$). Debido al alto poder oxidante del ozono, reacciona con este transformándolo en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Cabe destacar que el óxido de etileno ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$), es un

eficaz inhibidor del crecimiento de microorganismos, por lo cual se mantienen las cámaras desinfectadas constantemente evitando entonces las costosas desinfecciones que deberían realizarse en caso de no existir tratamiento con ozono. Actualmente existen numerosos estudios que confirman la eficacia del ozono para la conservación de manzanas, duraznos, bananas, naranjas, melocotones, peras, plátanos, melones, fresas, uvas, papas, tomates, entre otros.

c) En la industria cárnica y pesquera: En todas aquellas industrias o establecimientos en los que se procesan, almacenan o comercializan carnes o pescados, cuentan indispensablemente con equipos de frío para la congelación y/o conservación de los productos. Sin embargo muchos de los microorganismos que permanecen inactivos dentro de las cámaras frigoríficas, se reestablecen una vez que alcanzan la temperatura ambiente. El ozono, por su parte, destruye bacterias, mohos, esporas y todos aquellos microorganismos que se incorporan a la carne durante las distintas etapas de producción, obteniéndose de esta manera alimentos inocuos sin importar la temperatura a la que se encuentren. Para esto es imprescindible que el tratamiento se inicie con la primera etapa de producción, es decir en el matadero, ya que los microorganismos que pueden alterar la calidad del producto se

adhieren a él durante su manipulación (la masa muscular de cualquier animal sano no contiene microorganismos). Mediante la incorporación de pequeñas concentraciones de ozono a la atmósfera del lugar donde se estén procesando o almacenando los productos cárnicos (se recomienda una dosificación de 2 a 3 ppm en el proceso de congelación), se obtienen los siguientes resultados: Conseguir una carne más tierna, debido a que el ozono estimula la acción digestiva de las enzimas, asegurar la inocuidad de los productos cárnicos, aumentar considerablemente el tiempo de almacenamiento, lo que extiende la vida útil de carnes y pescados.

d) En la industria del vino: El ozono se utiliza en la industria del vino en las etapas de desinfección de barriles, lavado de botellas y aseos de estanques, máquina llenadora, transportadores y sanitización de superficies. Es importante destacar que principalmente se usa agua ozonizada con diferentes concentraciones, debido a que se trata de operaciones de limpieza y desinfección de equipos. Las principales características y resultados de un tratamiento con ozono en bodegas, ya sea en estado gaseoso o disuelto en agua, son los siguientes se garantiza el control de la contaminación bacteriana sin afectar la madera de los barriles, se requiere de tiempos de contacto corto para destruir

completamente bacterias, virus y levaduras, se trata de una tecnología limpia, ya que no genera subproductos que tengan que ser posteriormente tratados por problemas medioambientales.

2.5. DAÑO POR FRÍO (DF)

Uno de los principales problemas para las frutas y las hortalizas refrigeradas es la aparición de desórdenes fisiológicos, conocidos bajo el nombre genérico de daño por frío (DF). El daño por frío ocurre siempre a temperaturas por arriba del punto de congelamiento. Las frutas de origen tropical, subtropical y templado son susceptibles a este problema así como los frutos climatéricos. La susceptibilidad depende del cultivo, del tiempo de exposición a las bajas temperaturas, del grado de madurez, de las características climáticas de la zona de cultivo y en especial a las temperaturas previas a la cosecha. La intensidad de la sintomatología también depende del tiempo de exposición a temperaturas por debajo de un límite crítico (Demerutis, 2008).

La granada almacenada por debajo de 5 °C desarrolla daño por frío, siendo los síntomas más comunes: picados en la superficie, pardeamiento de la piel, dependiendo de la duración del almacenamiento éstos síntomas pueden alcanzar al arilo provocando pérdida de color y oscurecimiento en membrana

carpelar que separa los arilos, generalmente éstos empiezan a mostrarse con mayor claridad después de un periodo de 4 semanas de almacenamiento a temperaturas menores a 5 °C y 8 semanas a una temperatura de 5 °C. Para reducir la aparición de daños por frío en las granadas se han utilizado diversos medios, incluyendo atmósferas controladas, modificadas y calentamientos intermitentes entre otros. (Valero 2007; Crisosto y otros 2012).

Artes y Artes-Hernández (2005) indican que las enfermedades por DF suceden tras una cierta permanencia de los productos a temperaturas entre -0.5 y unos 15 °C, la temperatura crítica a la que aparecen los DF, varían de un órgano a otro o de una especie a otra y pueden ser -0.5 a 4 °C para los pocos sensibles, de 4 a 7 °C para algunas especies de clima templado y desde 8 hasta 15 °C para los tropicales y subtropicales más sensibles.

Según Valero y otros (2007) evaluó el daño por frío en granada teniendo como resultado que los frutos almacenados 2 °C presentaron síntomas de daño por frío, agravándose éstos a medida que el tiempo de almacenamiento avanzaba, como pardeamiento de la piel, aumento de la salida de electrolitos, pérdida de luminosidad, pérdida de color de los arilos, además se produjeron pérdidas significativas en ácidos grasos saturados e

insaturados debido a que el fruto no se adapta a temperaturas debajo de los 5 °C, estimando una vida útil de 25 días.

2.6. CAMBIOS RELACIONADOS CON EL ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA

2.6.1. Pérdida de peso

La pérdida de peso es una consecuencia directa de la exudación del agua. Durante la post-recolección ocurre una pérdida de peso que se acompaña por otros cambios como pérdida de firmeza. Su consecuencia, además de una reducción en peso, es el arrugamiento en la superficie y el ablandamiento de las frutas (Blandón, 2012).

Según la FAO (2006) indica que la humedad relativa óptima para el almacenamiento de la granada es 90-95%; debido a que las granadas son muy susceptibles a la pérdida de agua que produce arrugamiento en la piel. El almacenamiento de la fruta en un revestimiento de plástico o el uso de ceras pueden disminuir pérdidas de agua, especialmente en condiciones de humedad relativa baja.

Caleb y otros (2013) estudio la tasa de transpiración (TT) de arilos de granada (*Punica granatum L.*) sujetos a varias combinaciones

de temperatura (5, 10 y 15°C) y humedad relativa (HR) (76, 86 y 96%) durante su almacenamiento. En todas las combinaciones de HR y de temperatura estudiadas, la TT varió de 1.14 a 16.75 g/kg día. El impacto más significativo en la TT estuvo dado por la HR. Al reducirse la HR de 96% a 76%, la TT aumentó 6 veces, constatándose, al mismo tiempo, una buena correlación con el déficit de presión de vapor de agua (DPVA) ($R^2 = 96.1\%$). La pérdida de peso de los arilos se incrementó con DPVA más altos.

2.6.2. Firmeza

Durante la maduración la firmeza de los frutos generalmente tiende a disminuir debido a enzimas que actúan a nivel de pared celular, la cual da las principales características de firmeza. La firmeza está directamente relacionada con la textura, el término textura indica las propiedades que se perciben a través del sentido del tacto, es un atributo importante de calidad que influye en los hábitos alimentarios, la salud oral y la preferencia del consumidor. Las enzimas que se han postulado como las principales responsables del proceso de ablandamiento de las frutas son la poligalacturonasa o pectinasa y la pectinmetilesterasa (Blandón, 2012).

Martínez-Romero y otros (2013), estudiaron arilos de granada almacenados a 3 y 4 °C durante 17 días y determinaron que la textura fue disminuyendo significativamente de 22 N mm⁻¹ (textura inicial) a 11 N mm⁻¹ (textura final).

2.6.3. Color

El cambio de color es uno de los rasgos más característicos de la maduración de los frutos. El mismo puede estar ocasionado por la degradación de clorofilas y una consecuente manifestación del color de otros pigmentos que se hallaban en el fruto pero que estaban enmascarados (fundamentalmente β-carotenos). Sin embargo, en la mayoría de los frutos la degradación de clorofilas va acompañada de un incremento en la concentración de otros pigmentos, en general antocianinas o carotenoides (Martínez y Civello 2007).

Mercado y otros (2007) analizaron los arilos de granada almacenados a 0, 5 y 10 °C y determinaron que después de 8 días de almacenamiento a 0 y 5 °C las muestras presentaron una disminución en la luminosidad mientras que los valores a* se incrementaron, esto se debe a la presencia de antocianinas que incrementan durante el almacenamiento.

2.6.4. Sabor

El fruto sufre una serie de cambios organolépticos, principalmente de olor y sabor, que están ligados a una variación de concentraciones o modificaciones de las siguientes sustancias: carbohidratos, ácidos, taninos, productos orgánicos volátiles (Blandón, 2012).

El sabor de la granada depende del cociente azúcar / acidez; es deseable un contenido de sólidos solubles mayor al 17%, un contenido de taninos inferior a 0.25% y la acidez del jugo debe estar inferior a 1.85%. (FAO, 2006)

2.7. EVALUACION SENSORIAL EN ALIMENTOS

La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Se da la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume (Hernández, 2005).

2.7.1. Tipos de prueba

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo al caso con diferentes pruebas, según la finalidad para la que se

efectuó. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas discriminativas, las pruebas descriptivas y las pruebas afectivas siendo una de estas últimas la empleada para el desarrollo de la presente investigación (Anzaldúa-Morales, 2005).

2.7.1.1. Pruebas afectivas

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere frente a otros (Anzaldúa-Morales, 2005).

- a) Clasificación Hedónica: Consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica o de satisfacción, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, la escalas es impar con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta. (Hernández, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR, MATÉRIA PRIMA, EQUIPOS E INSTRUMENTOS

3.1.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y análisis se realizaron en el laboratorio de tecnología de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.1.2. Materia prima

Frutos de granada procedentes del mercado mayorista la Hermelinda de la ciudad de Trujillo.

3.1.3. Materiales

Bandejas de plástico de polietileno de 170 g de capacidad

3.1.4. Reactivos

- Hidróxido de sodio 1 N
- Agua destilada
- Ácido Clorhidrico 1 N
- Agua peptonada 0.1%
- Agar Dicloro Rosa Bengala – Clorafenicol
- Etanol Acidificado
- Ozono

3.1.5. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza analítica. Marca METTLER TOLEDO. Capacidad 0-210g. sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Refractómetro. Marca THOMAS SCIENTIFIC, rango: 0 -32 °Brix, $\pm 0.2\%$, calibrado 20 °C.
- Colorímetro Minolta. Modelo CR – 400.
- Termómetro digital. Marca Multidigital, rango de 50 a 200 °C, precisión + 0.01 °C
- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C. Precisión + 2 °C.
- Equipo generador de ozono, Ozonomatic, modelo OZ-500, flujo O₃: 500 mg/h
- Espectrofotómetro. Marca SPECTRONIC 20 GENESYS. Longitud de onda 325-1100 nm. exactitud +/- 2.0 nm.
- Vasos de precipitación
- Cuchillo
- Tablas de picar

3.2. MÉTODO EXPERIMENTAL

3.2.1. Esquema experimental

La evaluación de los arilos de granada tiene como variables independientes: tiempo de exposición a ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento; y como dependientes la pérdida de peso, sólidos solubles, color, contenido de antocianinas, recuento de mohos y levaduras, y la aceptabilidad general (Figura 2).

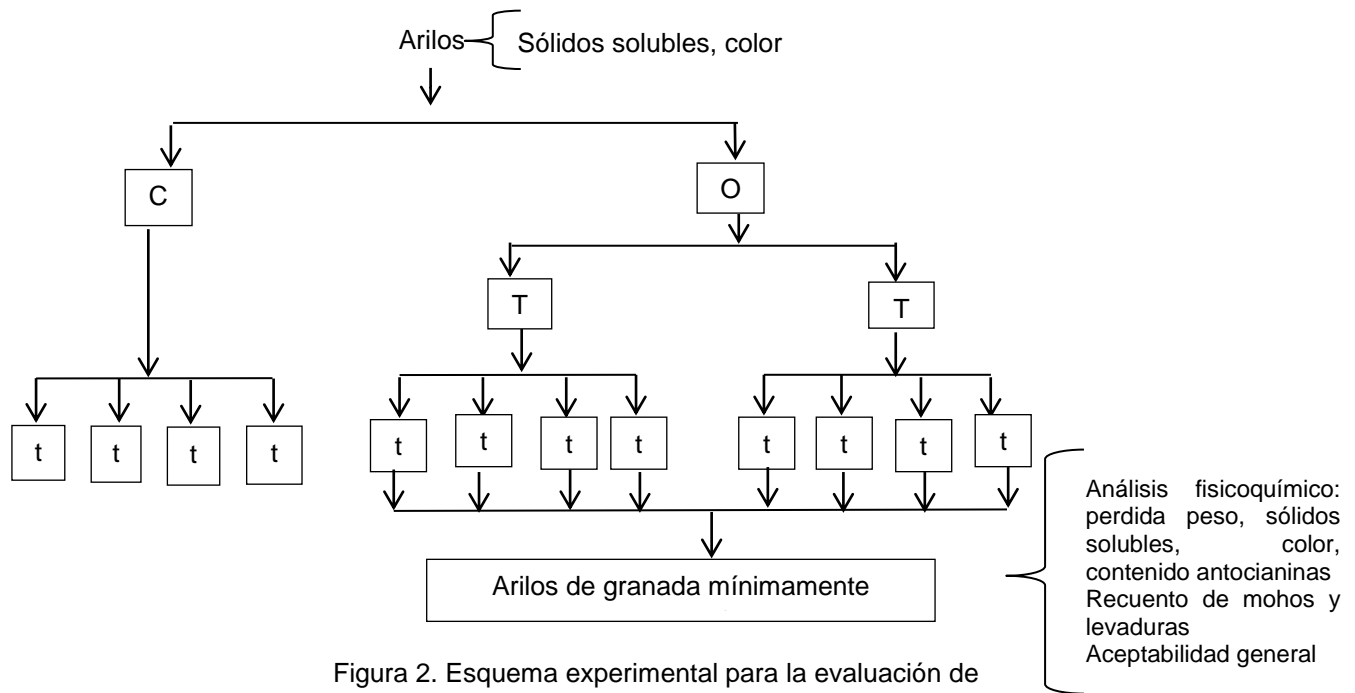


Figura 2. Esquema experimental para la evaluación de arilos de granada desinfectado con ozono

Leyenda:

- O: Flujo de ozono 500 mg/h.
- T₁: Tiempo de exposición 10 min.
- T₂: Tiempo de exposición 20 min.
- t₁: Tiempo de almacenamiento de 0 días
- t₂: Tiempo de almacenamiento de 4 días
- t₃: Tiempo de almacenamiento de 8 días
- t₄: Tiempo de almacenamiento 12 días
- C: Control

Diagrama de flujo del proceso experimental.

El diagrama de flujo para la evaluación de los arilos de granada, se muestran en la Figura 3.

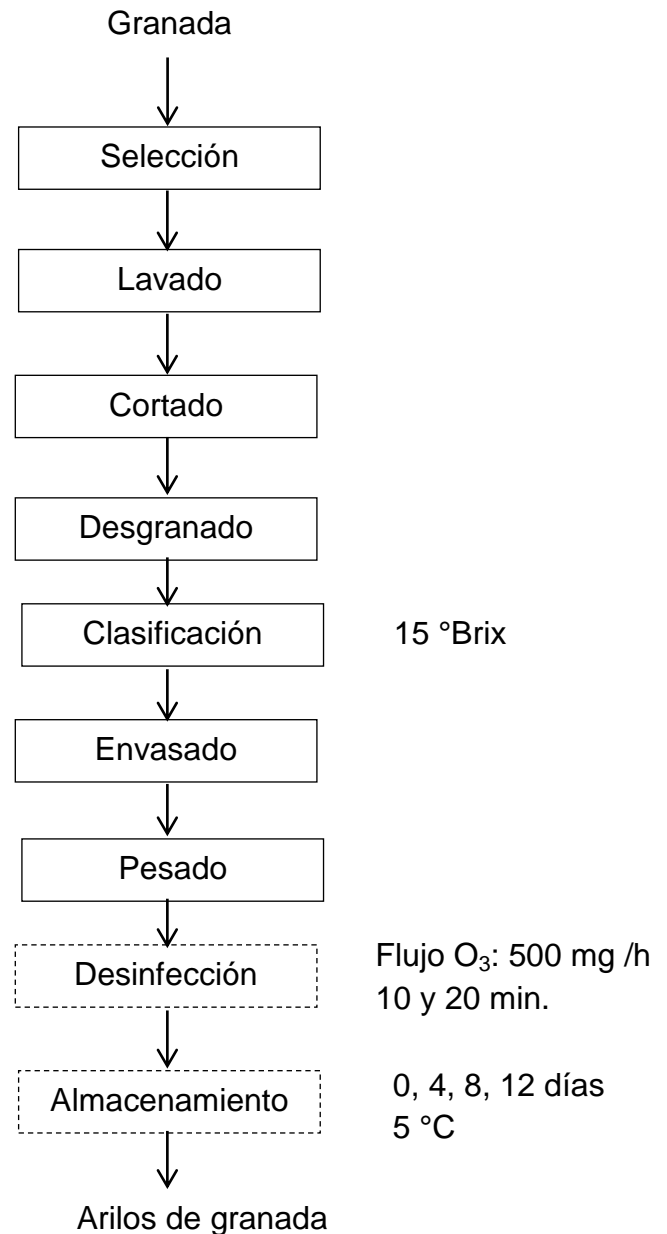


Figura 3. Procedimiento experimental para la elaboración de arilos de granada mínimamente procesada

Descripción del diagrama de flujo

Selección. Se seleccionaron las granadas de acuerdo a su aspecto general, que no presenten signos de putrefacción y deterioro físico (grietas, cortes y magulladuras) y que estén prácticamente exentos de cualquier olor y/o sabor extraño, para que entren al proceso en condiciones óptimas (Guillen y otros, 2007).

Lavado. Se procedió a lavar la granada con dióxido de cloro a 100 ppm para eliminar las impurezas superficiales y reducir la carga microbiana (Mercado y otros, 2007).

Cortado. Se realizaron cortes longitudinales en el fruto y se procedió a retirar los trozos en gajos para su posterior operación (Martínez-Romero y otros, 2013).

Desgranado. Se obtuvo de manera manual los arilos evitando daños por manipulación (Martínez-Romero y otros, 2013).

Clasificación. La clasificación realizó de acuerdo a la madurez del fruto, contenido de sólidos solubles de 15 °Brix y sin daño físico alguno (Guillen y otros, 2007).

Envasado. Se procedió a envasar los arilos de granada en las bandejas de polietileno (Martínez-Romero y otros, 2013).

Pesado. Se pesó 150 g de arilos de granada por bandeja de polietileno (Chiabrando y otros, 2009).

Desinfección. Los arilos envasados, se colocaron en una cámara de vidrio y se sometió a un tiempo de exposición de 10 y 20 minutos con ozono gaseoso (Horvitz y Cantalejo, 2007).

Almacenamiento. Las muestras se almacenaron en refrigeración durante 12 días a 5 °C con 85-90% de humedad relativa (Mercado y otros, 2007).

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1. Pérdida de peso. Se determinó pesando los arilos de granada antes y después del periodo de almacenamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial (Godoy, 2004).

3.3.2. Sólidos Solubles. Se determinó en el jugo homogenizado extraído de los arilos de granada utilizando un refractómetro THOMAS SCIENTIFIC (0 – 32% solidos solubles), calibrado a 20 °C; aplicando 1ml del jugo extraído en el refractómetro (Godoy, 2004).

3.3.3. Color. Se utilizó el sistema CIELAB, usando el colorímetro Konica-Minolta, modelo CR-400. El equipo se calibró durante 10 min. con un blanco estándar. Luego se determinó los parámetros de color

expresados en términos de luminosidad es L^* (0 para negro y 100 para blanco), cromaticidad a^* (verde [-] a rojo [+]). Se reportó el promedio de 5 mediciones (Nunes y otros, 2004).

3.3.4. Recuento de mohos y levaduras. Se separó asépticamente 10 g de muestra que se homogenizarán en 90 mL de agua peptonada al 0.1%. Una serie de diluciones serán preparadas en 9 mL de agua peptonada con 1 mL de alícuota. La numeración de mohos y levaduras se realizará en Agar DRBC- Agar Dicloro Rosa Bengala + Cloranfenicol luego de una incubación a 21 °C por 5 días. Los resultados se reportaron en ufc/g (BAM, 2001).

3.3.5. Contenido de antocianinas. Determinación del contenido de antocianinas totales

Según lo indicado por Kuskoski y otros (2005), el cual se describe a continuación.

Método por diferencia de pH. La extracción de las antocianinas se realizará colocando 10 mL de muestra en 40 mL de etanol grado alimentario al 80% acidificado con HCl 0.1 M (pH 2), bajo agitación magnética en sombra durante 2 horas. Los extractos fueron centrifugados a 4200 rpm por 15 min y separados los sobrenadantes.

Se utilizó dos sistemas tampón: ácido clorhídrico/cloruro de potasio de pH 1.0 (0.025 M) y ácido acético/acetato sódico de pH 4.5 (0.4

M). A 0.2 mL de una muestra diluida (para conseguir una absorbancia en el rango de 0.1-1.2 a 510 nm), se añadió 1.8 mL de la correspondiente solución tampón y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS frente a un blanco a 510 y 700 nm. Se calculará la absorbancia final a partir de:

$$A = (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 1.0} - (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 4.5}$$

La concentración de pigmentos monoméricos en el extracto se expresó en cianidina 3-glucósido.

$$\text{Antocianinas monoméricas (mg/100 g)} = \frac{A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 100}{\epsilon}$$

Dónde:

A : absorbancia

PM: peso molecular

FD: Factor de dilución

ϵ : absortividad molar

La concentración final de antocianinas (mg/100 g muestra fresca) se calculó en base al volumen de extracto y peso de muestra. Se expresó en cianidina 3-glucósido (PM: 449.2 y ϵ : 26900).

3.3.6. Evaluación sensorial de aceptabilidad general: Los arilos de granada se analizaron los días 0, 4, 8 y 12 de almacenamiento por 30 panelistas no entrenados, mediante una prueba de

aceptabilidad general utilizando una escala hedónica de 9 puntos (Anzaldúa- Morales, 2005).

Los panelistas calificaron la muestra de acuerdo al grado de satisfacción, siendo el puntaje más alto el “me gusta muchísimo” (9 puntos), el puntaje intermedio “ni me gusta ni me disgusta” (5 puntos) y el de menor puntaje “me disgusta muchísimo” (Figura 4). Así mismo las muestras fueron dejadas al medio ambiente por 40 minutos para que estas tomen la temperatura del medio y puedan ser evaluadas.

3.3.7. Método estadístico: El diseño estadístico aplicado para la evaluación paramétrica de las características fisicoquímicas (pérdida de peso, sólidos solubles, color y antocianinas), y recuento de mohos y levaduras corresponde a un arreglo bifactorial 2x4, con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó un análisis de varianza. Así mismo, se aplicó la prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, finalmente prueba de comparaciones múltiple de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%.

Los datos obtenidos en la evaluación de la aceptabilidad general se evaluaron mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon, ambas con un nivel de confianza del 95%

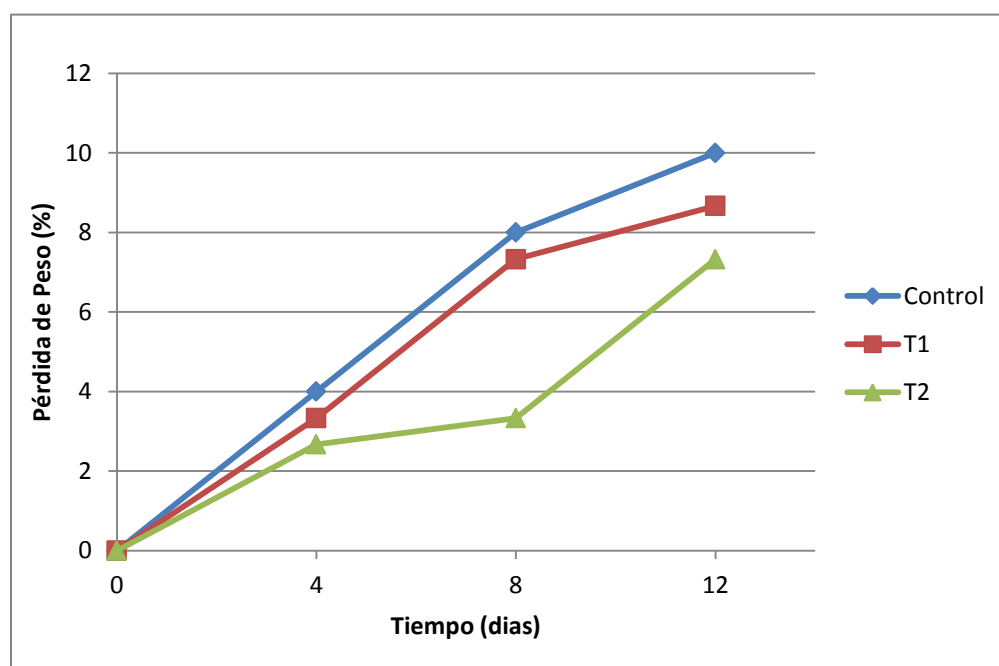
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL ESCALA HEDONICA			
NOMBRE:			
FECHA:		PRUEBA N°:	
A continuación se presenta muestras de arilos de granada mínimamente procesada. Se le pide que deguste y califique las muestras según la escala que se presenta en el cuadro.			
ESCALA	MUESTRAS		
	432	739	514
Me gusta muchísimo			
Me gusta mucho			
Me gusta			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			
Me disgusta muchísimo			
Comentarios:			

Figura 4. Tarjeta de evaluación de aceptabilidad general para arilos de granada mínimamente procesada

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso.

En la Figura 5 se muestra la pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar que esta fue incrementando a medida que transcurrieron los días.



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 5. Pérdida de peso en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

Los arilos de granada expuestos a ozono gaseoso con 20 (T_2) y 10 (T_1) minutos y tiempo de almacenamiento 12 días, presentaron una pérdida de peso de 7.33 y 8.89%, respectivamente. La muestra control (C), sin exposición a ozono gaseoso mostró una mayor pérdida de peso, obteniendo un valor de 9.89%. Los resultados de pérdida de peso se observan en el anexo 1.

La velocidad de pérdida de peso fue mayor en la muestra control en comparación con las muestras tratadas con ozono gaseoso, después de 12 días de almacenamiento a 5 °C, lo que significó que los tratamientos trabajaron eficientemente como barrera al vapor de agua (Márquez y otros, 2012). Así mismo también se puede mencionar que las frutas experimentan el fenómeno de la transpiración como resultado de la migración del vapor de agua desde los espacios intercelulares hacia la superficie, debido a la diferencia de presión de vapor de la atmosfera interna de los tejidos y del ambiente donde se encuentran, dando como consecuencia la pérdida de peso que a su vez implica pérdida de textura y jugosidad en la apariencia del fruto (Beltrán y otros 2010; Bataller-Venta y otros, 2010).

Montalvo (2011) menciona que los frutos de menor tamaño, tal como los arilos de granada, poseen una mayor relación área/volumen y pierden mayor humedad. Cuando la pérdida de humedad se encuentra entre 8 - 11%, disminuye la calidad

comercial. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, para el tiempo de exposición con ozono gaseoso por 20 min (T_2) se estaría conservando la calidad comercial ya que presenta pérdidas de peso menores al 8%.

Las condiciones recomendadas para la aplicación de ozono gaseoso son temperaturas de refrigeración y alta humedad relativa, debido a que favorecen su estabilidad y efectividad del gas, además de reducir la variación de presión de vapor entre el producto y el medio ambiente, disminuyendo la pérdida de agua por transpiración (Bataller-Venta y otros, 2010).

Mercado y otros (2007) reportaron que la granada almacenada a 5 °C en gajos presentaron menor pérdida de peso (4 - 6%) a lo largo de 12 días de almacenamiento, mientras que los arilos de granada presentaron pérdidas de peso entre (8 - 10%), al mismo tiempo de almacenamiento, indicando que la reducción de la velocidad de respiración por la presencia de la membrana carpelar es mayor, contribuyendo a disminuir la transpiración y por ende la pérdida de peso.

Se ha recopilado investigaciones sobre el efecto de la aplicación de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento, donde los autores coinciden con la tendencia de los datos presentados, así tenemos: Kim (2000) reportó una reducción de la pérdida de peso en

manzanas cortadas, almacenadas a bajas concentraciones de ozono gaseoso de 5 a 6 ppm, humedad relativa de 90 – 95%, en comparación con las muestras control. Zhuang y otros (2004) reportaron que el tratamiento con ozono gaseoso a 0.2 ppm durante 50min, influyó significativamente en la disminución de la pérdida de respiración de coliflores frescas y cortadas. Zangh y otros (2005) reportaron que la disminución de la pérdida de peso en apio cortado fresco fue retardada por el tratamiento con ozono gaseoso, similar comportamiento observaron Weit y otros (2007) que bajo condiciones muy controladas, de temperatura y exposición a ozono gaseoso, la pérdida de peso en lechugas procesadas disminuyó.

En el Cuadro 2, se muestra la Prueba de Levene aplicada a la pérdida de peso de arilos de granada mínimamente procesada, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p>0.05$).

Cuadro 2. Prueba de Levene para la pérdida de peso de arilos de granada mínimamente procesado expuesto a ozono gaseoso

Variable respuesta	Transformación	Estadístico Levene	p
Pérdida de peso	Básica	0.59	0.814

En el Cuadro 3, se muestra el análisis de varianza de pérdida de peso para los arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso, que indicó efecto significativo a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 3. Análisis de varianza de la pérdida de peso en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

Fuente de variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F	p
Tiempo exposición (T)	24.82	2	12.40	16.92	0.000
Tiempo almacenamiento (t)	375.49	3	125.16	170.64	0.000
T * t	17.60	6	3.22	4.39	0.004
Error	17.60	24	0.73		
Total	437.26	35			

Glowacz y otros (2015) indicaron que existió una diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, en la pérdida de peso para pepinos expuestos a ozono gaseoso durante 6 días de almacenamiento.

En el Cuadro 4, se muestra los resultados de la prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan que nos permitió determinar el mejor tratamiento en cuanto a pérdida de peso. Se puede observar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. En el subconjunto 3

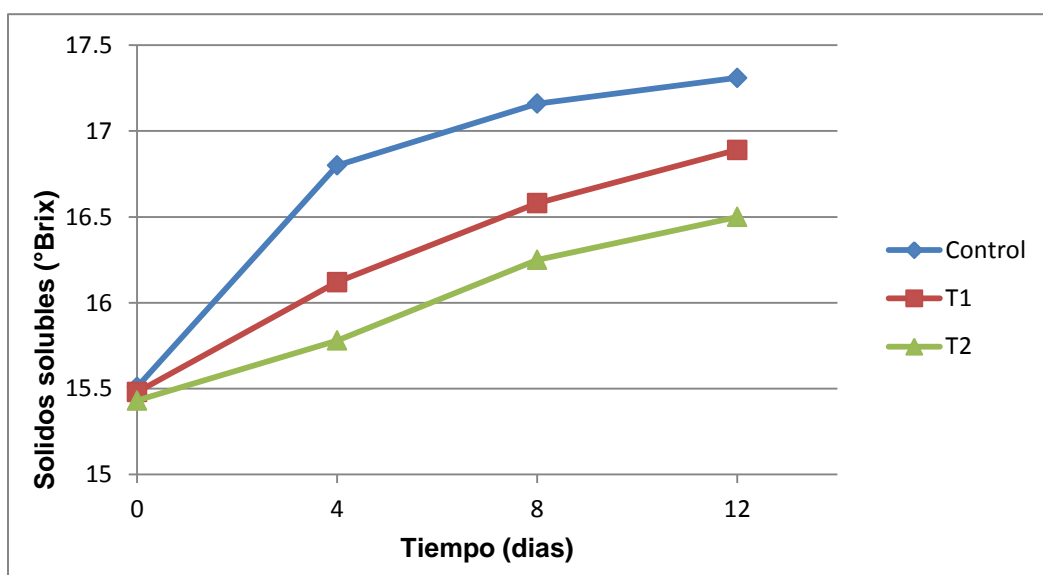
se observa que el tratamiento 20 min O_3 – 12 días de almacenamiento y 10 min O_3 – 10 días de almacenamiento presentaron valores bajos de pérdida de peso, los cuales fueron 7.33 y 7.11%, respectivamente, indicando que todavía es aceptable por el consumidor ya que no alcanza una pérdida de peso por encima de 8%

Cuadro 4. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

Tratamiento	Subconjunto				
	1	2	3	4	5
20 min - 0 días	0.00				
10 min - 0 días	0.00				
Control - 0 días	0.00				
20 min - 4 días		2.89			
20 min - 8 días		3.44			
10 min - 4 días		3.56			
Control - 4 días		3.78			
10 min - 8 días			7.11		
20 min - 12 días			7.33		
Control - 8 días			7.80	7.80	
10 min - 12 días				8.89	8.89
Control - 12 días					9.89

4.2. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre contenido de sólidos solubles.

El contenido de sólidos solubles en arilos de granada expuestos a ozono gaseoso aumentó en función del tiempo de almacenamiento, tal como se observa en Fig. 6



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 6. Sólidos solubles en arilos de granada mínimamente procesada expuestos a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

Los arilos de granada expuestos a 20 min (T_2) de ozono gaseoso presentaron un menor contenido de sólidos solubles a los 12 días de almacenamiento, llegando a un valor de 16.5 °Brix, seguido por el tratamiento expuestos a 10 min (T_1), alcanzando un valor de 16.9°Brix. Mientras que la muestra control presentó el mayor incremento, mostrando un valor de 17.6°Brix. Los resultados de sólidos solubles se observa en el anexo 2.

Glowacz y otros (2015) reportaron resultados similares en pepino almacenado a 12°C y 8°C y expuestos a 1µmol/mol de ozono gaseoso donde el fruto control a los 7 días de almacenamiento presento el mayor incremento en solidos solubles (6.12°Brix) seguido por la muestra expuesta a ozono gaseoso (5.85°Brix).

Minnas y otros (2014) reportaron que en kiwi almacenado bajo temperatura de refrigeración (4 °C) y expuesto a ozono gaseoso (0.3 µL/L) se presentó un menor aumento de solidos solubles (8%) a comparación con la muestra control que aumento 24% durante 2 meses de almacenamiento, el retardo del aumento en el contenido de solidos solubles fue correlacionado con la inhibición de la producción de etileno, la reducción de la velocidad de respiración y traspiración por el ozono.

Silva y otros (2007) mencionan que el incremento de sólidos solubles en arilos de granada, se debe a la deshidratación del

producto, debido al tipo de empaque utilizado, ya que estos tienden a permitir una mayor salida de agua, provocando una mayor ruptura de los polisacáridos y oligosacáridos a monosacáridos (glucosa y fructosa). Los valores encontrados fueron de 14 a 17°Brix, indicando que la variación de sólidos solubles es pequeña y que este tipo de comportamiento es el esperado, por lo que se confirma la naturaleza no climatérica del fruto. La misma tendencia fue observada en nuestros resultados.

Los sólidos solubles son un conjunto de azúcares (glucosa, fructuosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido ascórbico, málico, cítrico y succínico), compuesto fenólicos y antocianos, etc., cuyas proporciones dependen del fruto y de la variedad estudiada. En el caso de los arilos de granada se reportaron valores entre 15 – 17 % de sólidos solubles, los cuales son representados principalmente por la fructuosa y la glucosa (Calin y otros, 2012).

En el Cuadro 5, se presenta la Prueba de Levene para contenido de sólidos solubles en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso donde se puede observar que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se valida la aplicación del análisis de varianza

Cuadro 5. Prueba de Levene para el contenido de sólidos solubles arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.

Variable respuesta	Transformación	Estadístico Levene	p
Sólidos solubles	Básica	0.50	0.883

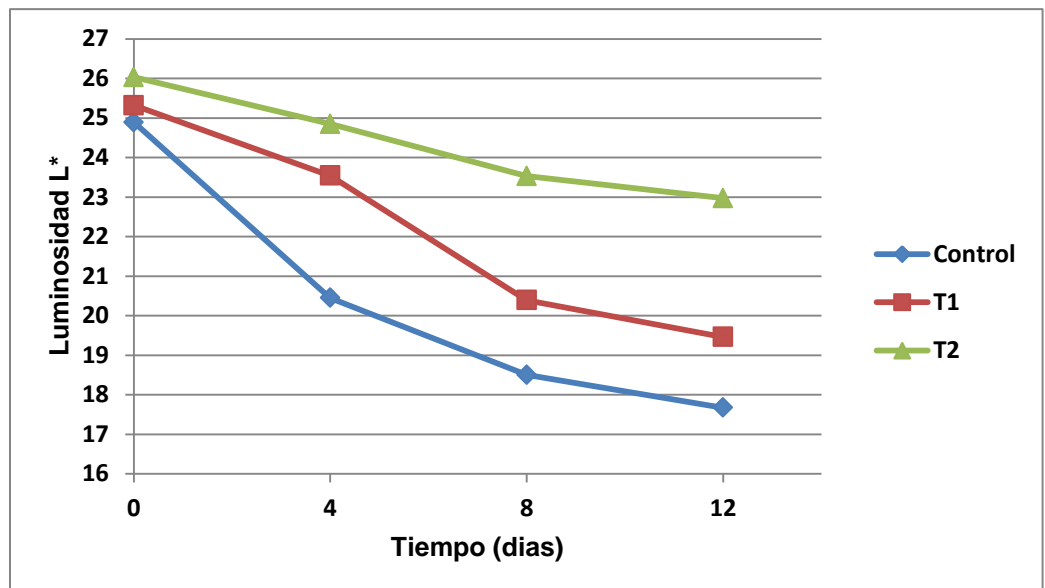
En el Cuadro 6, se muestra el análisis de varianza del contenido de sólidos solubles para arilos de granada expuesta a ozono gaseoso, que muestra efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del tiempo de exposición y tiempo de almacenamiento.

Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de sólidos solubles en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.

Fuente de variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F	p
Tiempo exposición (T)	4.15	2	2.08	465.09	0.000
Tiempo de almacenamiento (t)	8.23	3	2.74	614.99	0.000
T * t	0.69	6	0.11	25.85	0.000
Error	0.11	24	0.00		
Total	13.19	35			

4.3. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre los parámetros de color L^* y a^* .

En la Figura 7 se muestra los valores de luminosidad (L^*) en función del tiempo de almacenamiento, para los diferentes tratamientos, se puede observar que estos fueron disminuyendo a medida que trascurrieron los días.



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 7. Valores de luminosidad (L^*) en arilos de granada mínimamente procesada expuestos a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

Los arilos de granada expuestos a ozono gaseoso y almacenamiento a 5°C durante 12 días, presentaron valores de luminosidad de 21.67 y 18.85 para las muestras tratadas con 20 (T₂) y 10 (T₁) minutos de exposición, respectivamente. La muestra control (C), sin exposición a ozono gaseoso mostró la mayor disminución 17.67. Los resultados de luminosidad (L*) se observan en el anexo 3.

La disminución de los valores L* se debe a la exposición de las células cuando se realiza el pelado del fruto durante el procesamiento, lo que ocasiona menor resistencia al pardeamiento enzimático, liberación de algunas enzimas como la polifenoloxidasa, catalasa y peroxidasa las que haciendo contacto con el oxígeno del ambiente oxidan los compuestos fenólicos y forman melaninas coloreadas, causando el pardeamiento de la superficie (Artes-Hernandez y otros, 2010; Mendoza y otros, 2012).

Rice (2007) reportó que bajo concentraciones de almacenamiento con ozono gaseoso a 0.2 mg/m³ por 5 horas por día (h/d) durante 5 días, en manzana se produjo una disminución en la actividad de la catalasa y peroxidasa, enzima que cataliza la oxidación de fenoles propios de las células a quinonas que generan colores pardos (Estrella y otros, 2005).

El color de los arilos de granada depende de las antocianinas y del tipo de estos. Las antocianinas responsables de la coloración de la granada han sido aisladas y se han identificado como delfinidina 3 – glucosido, delfinidina 3,5 – diglucosido, cianina3,5 – glucosido, dichos compuestos se desarrollan durante el proceso de maduración del fruto (Gorena, 2008).

Como se observa, en los resultados de la presente investigación las muestras expuestas a 20 min (T₂) de ozono gaseoso presentaron un efecto positivo para la luminosidad. El ozono tiene la capacidad para destruir el etileno y como consecuencia de ello conservar el color durante el almacenamiento en las frutas (Arnal y otros, 2005).

Mercado (2007) reportó en arilos de granada almacenadas a 0, 5 y 10 °C un mayor valor de luminosidad (38.5) en las muestras a 0 °C durante 20 días de almacenamiento en comparación con la muestra control (35.5).

Se recomienda dosis de ozonización y temperaturas de almacenamiento adecuadas para la conservación en fruta mínimamente procesada (Bataller-Venta y otros, 2010). En la presente investigación el tratamiento 20 minutos (T₂) de exposición a ozono gaseoso presentó el mejor efecto positivo para los parámetros de color analizados.

En el Cuadro 8, se presenta la Prueba de Levene para el valor de luminosidad L^* en arilos de granada mínimamente procesada donde se puede observar que existió homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza y el posterior uso de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para poder determinar el tratamiento con mayor valor de luminosidad L^* .

Cuadro 8. Prueba de Levene para el valor de luminosidad L^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.

Variable respuesta	Transformación	Estadístico Levene	p
E L^*	Básica	0.65	0.770

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza del valor de luminosidad L^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso, que muestra efecto significativo a un nivel de confianza del 95% tiempo de exposición a ozono y tiempo de almacenamiento.

Cuadro 9. Análisis de varianza del valor de luminosidad L* en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

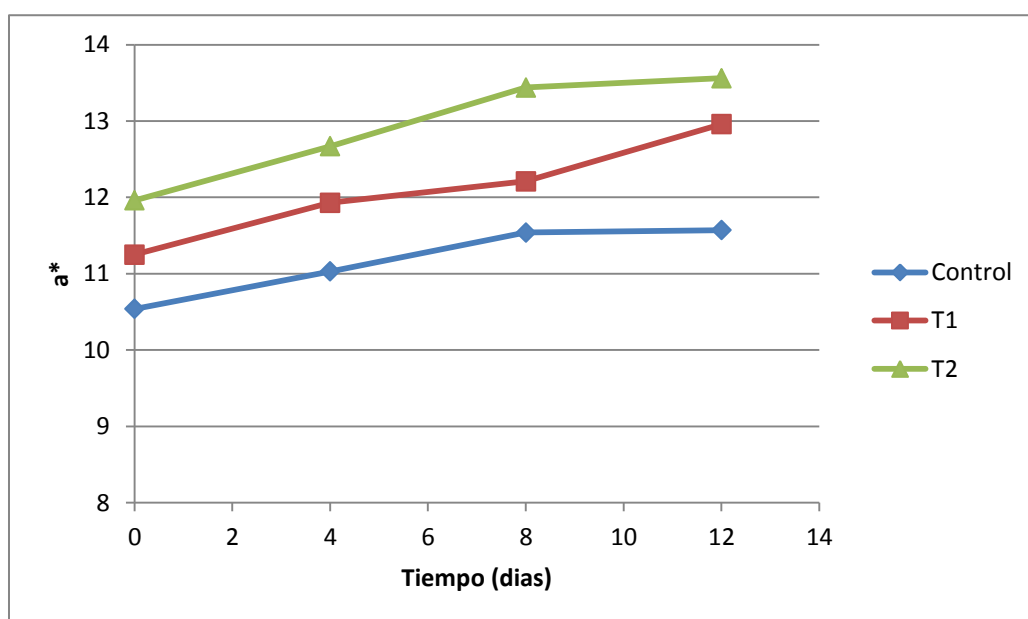
Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tiempo exposición (T)	79.23	2	39.62	423.90	0.000
Tiempo almacenamiento (t)	70.07	3	23.36	249.91	0.000
T * t	7.60	6	1.27	13.56	0.000
Error	2.24	24	0.09		
Total	159.14	35			

En el Cuadro 10, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Así mismo, en el subconjunto 6 se encuentra el tratamiento 20 min O₃ – 8 días de almacenamiento que presentó el mayor valor de luminosidad L* (22.27).

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el valor de luminosidad L* en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

Tratamiento	Subconjuntos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Control - 12 días	17.60							
Control - 8 días		18.40						
10 min - 12 días		18.85						
10 min - 8 días			19.40					
Control - 4 días				20.40				
Control - 0 días				20.73				
20 min - 12 días					21.67			
10 min - 4 días					21.67			
20 min - 8 días						22.27		
20 min - 4 días						22.40		
10 min - 0 días							23.00	
20 min - 0 días								25.23

En la Fig. 8, se observa que los valores de a^* en los arilos de granada mínimamente procesada aumentaron con el tiempo de exposición y el tiempo de almacenamiento, éste incremento indica el oscurecimiento de la fruta con una tendencia a coloración rojo-naranja, lo cual se puede relacionar con la formación de compuesto poliméricos coloreados (Chien y otros, 2009; Bhat y otros, 2011; Manzocco y otros, 2011)



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 8. Valores de a^* en arilos de granada mínimamente procesada expuestos a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

Las muestras expuestas a 20 minutos (T_2) de exposición a ozono gaseoso presentaron los mayores valores a los 12 días de almacenamiento 14.73, las muestras tratadas con 10 minutos (T_1) de exposición presentaron un valor de 12.45 en comparación con las muestras control que presentaron los menores valores de a^* siendo 11.57. Los resultados de a^* se observan en el anexo 4.

Comportamientos similares de color a^* fueron reportados en pimiento rojo lamuyo mínimamente procesado expuesto a 0.3 ppm

por 30 y 60 min en comparación con la muestra control (Horvitz y otros, 2007).

Mercado-Silva y otros (2007) reportaron en arilos de granada mínimamente procesada, almacenados a 0 y 5 °C, que los valores de a^* incrementaron en los 8 días de almacenamiento logrando valores de 8 - 10 y valores de 12 - 15, respectivamente.

En el Cuadro 11, se presenta la Prueba de Levene para el valor de a^* en arilos de granada mínimamente procesada donde se puede observar que existió homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza y el posterior uso de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para poder determinar el mejor tratamiento para el valor de a^* .

Cuadro 11. Prueba de Levene para el valor de a^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

Variable respuesta	Transformación	Estadístico de Levene	p
a^*	Básica	1.50	0.196

En el Cuadro 12, se muestra el análisis de varianza del valor de a^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso, que muestra efecto significativo a un nivel de confianza

del 95% del tiempo de exposición a ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el valor de a^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso.

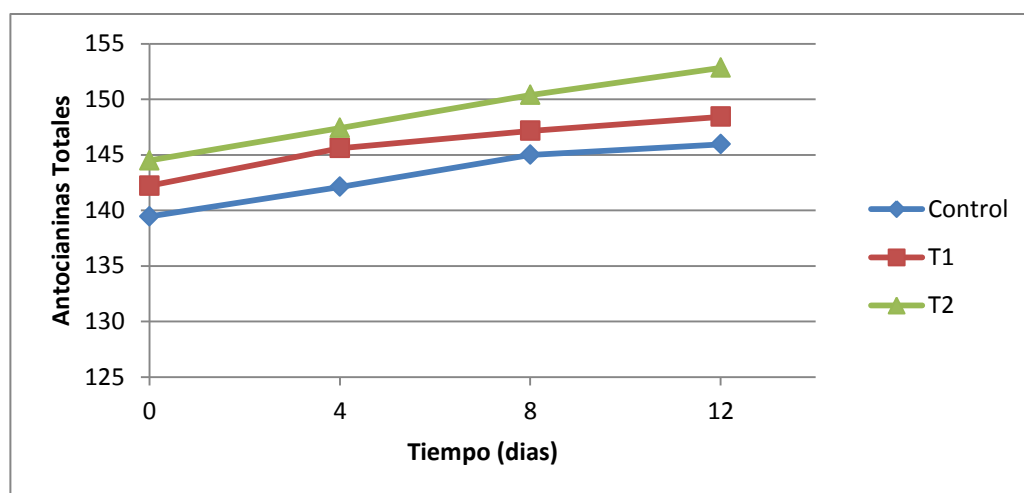
Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tiempo exposición (T)	16.57	2	8.29	77.49	0.000
Tiempo almacenamiento (t)	14.25	3	4.75	44.43	0.000
T * t	5.77	6	0.96	8.99	0.000
Error	2.57	24	0.11		
Total	39.17	35			

Horvitz (2007) indico diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, con un tiempo de exposición de ozono gaseoso 30 y 60 minutos y tiempo de almacenamiento de 14 días sobre los parámetros de luminosidad (L^*) y a^* en pimiento rojo mínimamente procesado.

En el Cuadro 15, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Así mismo, en el subconjunto 5 se

4.4. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre contenido de antocianinas totales

En la Fig. 9 se muestra el contenido de antocianinas totales en función del tiempo de almacenamiento y dosis de exposición a ozono gaseoso, el cual fue incrementando a medida de transcurrieron los días y la dosis de exposición.



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 9. Antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuestos a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

Las muestras tratadas con ozono gaseoso presentan una tendencia a aumentar el contenido de antocianinas durante los 12 días de almacenamiento en comparación con la muestra control. Las muestras expuestas a 20 min (T_2) de ozono gaseoso presentaron un contenido de 155.00 mg/100g a los 12 días de almacenamiento seguido por la muestra expuesta a 10 min (149.7 mg/100g). La muestra control presentó 144.4 mg/100g lo que demuestra el efecto importante del ozono sobre el contenido de antocianinas. Los resultados de la evaluación de antocianinas totales se observan en el anexo 5.

Como se puede observar la mejor respuesta para el contenido de antocianinas fue con la dosis de 20 min (T_2) la cual demuestra que el ozono induce un efecto positivo sobre el tejido de los arilos de granada, los cuales contienen polifenoles y flavonoides (principalmente antocianinas) (Calin y otros, 2013).

Guillen y otros (2007) estudiaron el contenido de antocianinas totales en arilos de granada almacenados en atmosfera modificadas a 2 °C tratadas con putrescina o espermidina donde reportaron un incremento durante el almacenamiento de antocianinas, los valores hallados fueron 164.6 – 229.8 mg cianina 3- glucosido/100g, los incrementos se debieron a la naturaleza antisenescente de las poliaminas que ejerce un papel en la

integridad celular y evita el contacto entre sustratos y enzimas degradativas.

En el Cuadro 14, se presenta la Prueba de Levene para el contenido de antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada donde se puede observar que existió homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza y el uso de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para poder determinar el tratamiento con mayor contenido de antocianinas totales

Cuadro 14. Prueba de Levene para el valor de antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.

Variable respuesta	Transformación	Estadístico Levene	p
Antocianinas Totales	Básica	1.84	0.103

En el Cuadro 15, se muestra el análisis de varianza para el contenido de antocianinas totales en arilos de granada expuesta a ozono gaseoso, encontrándose efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento.

Cuadro 15. Análisis de varianza del valor de antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

Fuente variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tiempo exposición (T)	266.48	2	133.24	82.39	0.000
Tiempo de almacenamiento (t)	333.59	3	111.19	68.77	0.000
T * t	123.37	6	20.56	12.72	0.000
Error	38.80	24	1.62		
Total	762.24	35			

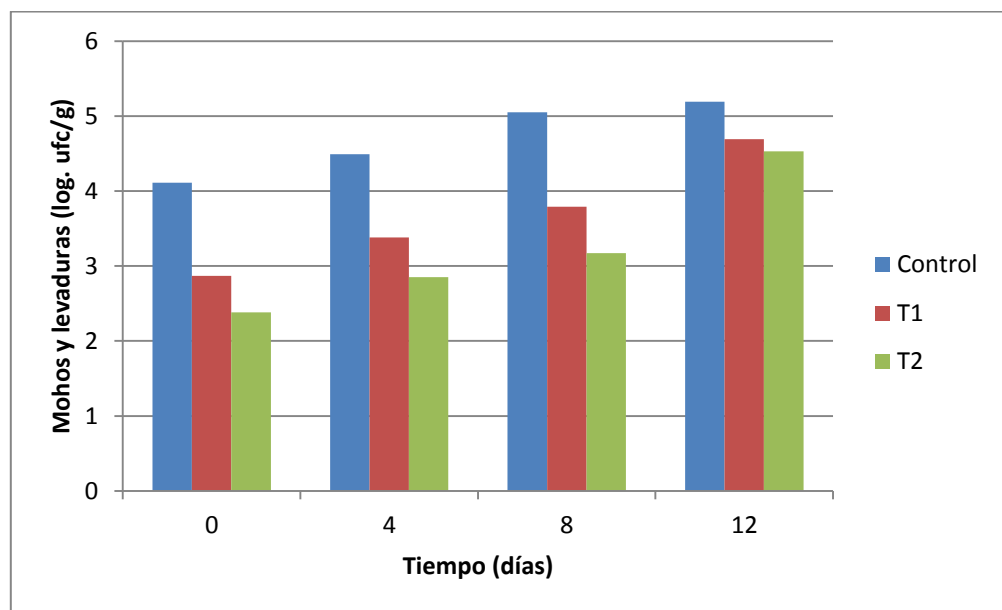
En el Cuadro 16, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. En el subconjunto 6 se encuentra el tratamiento 20 min O₃ - 12 días de almacenamiento presentó el mayor valor de antocianinas totales con 154.97 mg/100g.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para el contenido de antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso

Tratamiento	Subconjuntos					
	1	2	3	4	5	6
10 min - 4 días	141.14					
Control - 0 días	141.25	141.25				
Control - 4 días		143.47	143.47			
20 min - 0 días		143.50	143.50			
10 min - 0 días			143.89			
Control - 12 días			144.41			
10 min - 8 días				147.46		
Control - 8 días				148.67	148.67	
10 min - 12 días					149.74	
20 min - 4 días					150.48	
20 min - 8 días						153.84
20 min - 12 días						154.97

4.5. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras.

El recuento de mohos y levaduras en arilos de granada expuestos a ozono gaseoso aumentó en función del tiempo de almacenamiento, tal como se observa en Fig. 10



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 10. Recuento de mohos y levaduras en arilos de granada mínimamente procesada expuestos a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

El recuento inicial de mohos y levaduras en arilos de granada mínimamente procesada almacenada a 5 °C para la muestra control (C) fue de 4.11 log. ufc/g siendo superior a los presentados por los arilos mínimamente procesados expuesto a ozono gaseoso a 10 min (2.87 log. ufc/g) y 20 min (2.38 log. ufc/g), notándose la acción antifúngica de este tratamiento físico, donde el recuento fue disminuyendo con el incremento de la dosis de exposición a ozono gaseoso. Los resultados del recuento de mohos y levaduras se observa en el anexo 6.

Al día 12 de almacenamiento para los arilos de granada mínimamente procesada almacenados a 5 °C en la muestra control se obtuvo un mayor recuento de mohos y levaduras (5.19 log ufc/g) mientras que para las muestras expuestas a ozono gaseoso a 10 min. y 20 min. se obtuvo valores de 4.69 log ufc/g y 4.53 log. ufc/g, respectivamente. El recuento de mohos y levaduras se encontró por debajo del límite máximo permisible de 10^6 ufc/g (6 log ufc/g) recomendado por la norma sanitaria de criterios microbiológicos para frutas mínimamente procesadas, establecida por el Ministerio de Salud (MINSa, 2008).

La temperatura y humedad relativa (HR) representan un papel primordial en el crecimiento de los microorganismos en la superficie de las frutas. A medida que estos dos factores aumentan se

produce un crecimiento exponencial de los microorganismos (Bataller-Venta y otros 2010). Los resultados de la presente investigación manifiestan que a una HR de 95% y temperatura de almacenamiento de 5 °C la aplicación de ozono gaseoso permitió un control del crecimiento de mohos y levaduras sin afectar la composición química y sus propiedades organolépticas, las condiciones de HR recomendadas para la aplicación del ozono en fase gaseosa son valores por encima de 90% y temperaturas de almacenamiento bajas (Lorente, 2006).

Según Bataller-Venta y otros (2010) indicaron que el ozono es el desinfectante más efectivo respecto a otras alternativas. Posee un elevado poder oxidante y germicida respecto a las frutas, así mismo también el ozono bajo condiciones adecuadas de exposición, durante el proceso y almacenamiento, extiende la vida útil de anaquel y preserva las características organolépticas de los productos.

Sarig y otros (1999) evaluaron la exposición de racimos de uvas con ozono gaseoso durante 20 minutos y observaron una considerable reducción de colonias de bacterias, hongos, levaduras y pérdidas de pudrición atribuyeron estos resultados a la actividad antimicrobiana del ozono.

Pérez y otros (2008) trataron fresas bajo una concentración de ozono de 0.7 mg/m^3 , a $2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 3 días con lo que lograron una efectividad parcial en la prevención de *Botrytis cinerea*, atribuyendo estos resultados a la actividad antimicrobiana del ozono.

Palou y otros (2006) realizaron una evaluación de la desinfección de naranjas y limones inoculados con *Penicillium italicum* y *Penicillium digitatum* con ozono gaseoso, bajo 0.6 mg/m^3 y $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Los resultados mostraron que la infección por estos hongos fue retardada hasta 5 ciclos logarítmicos y la esporulación reducida.

Bataller-Venta y otros (2010), indican que el ozono destruye las bacterias, hongos, y virus por una oxidación progresiva de los componentes celulares (pared celular y membrana citoplasmática) por lo tanto, se tiene una resistencia de microorganismos al ozono cuya sensibilidad está relacionada con las diferentes estructuras y composición de la pared celular de cada uno, la inactivación de estos microorganismos sigue una ley cinética de segundo orden dependiendo de las concentraciones de ozono disuelto y de los microorganismos (Lezcano y otros, 2001)

En el Cuadro 17, se presenta la Prueba de Levene para el recuento de mohos y levaduras en arilos de granada, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianzas para la transformación raíz cuadrada ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación

del análisis de varianza y el uso de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para poder determinar el tratamiento con menor contenido de mohos y levaduras.

Cuadro 17. Prueba de Levene para el contenido de mohos y levaduras en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso

Variable respuesta	Transformación	Estadístico Levene	p
Mohos y levaduras (ufc/g)	Básica	0.60	0.810

Horvitz (2007) indico diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% con el tiempo de exposición de ozono gaseoso durante 30 y 60 minutos y tiempo de almacenamiento de 14 días sobre el recuento de mohos y levaduras en pimiento rojo mínimamente procesado.

En el Cuadro 18, se muestra el análisis de varianza del recuento de mohos y levaduras en arilos de granada expuestos a ozono gaseoso, denotándose efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del tiempo de exposición a ozono y tiempo de almacenamiento.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.

Fuente de variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrados Medios	F	p
Tiempo exposición (T)	13.76	2	6.88	182.26	0.00
Tiempo de almacenamiento (t)	13.87	3	4.62	122.48	0.00
T * t	1.416	6	0.24	6.251	0.00
Error	0.91	24	0.03		
Total	29.96	35			

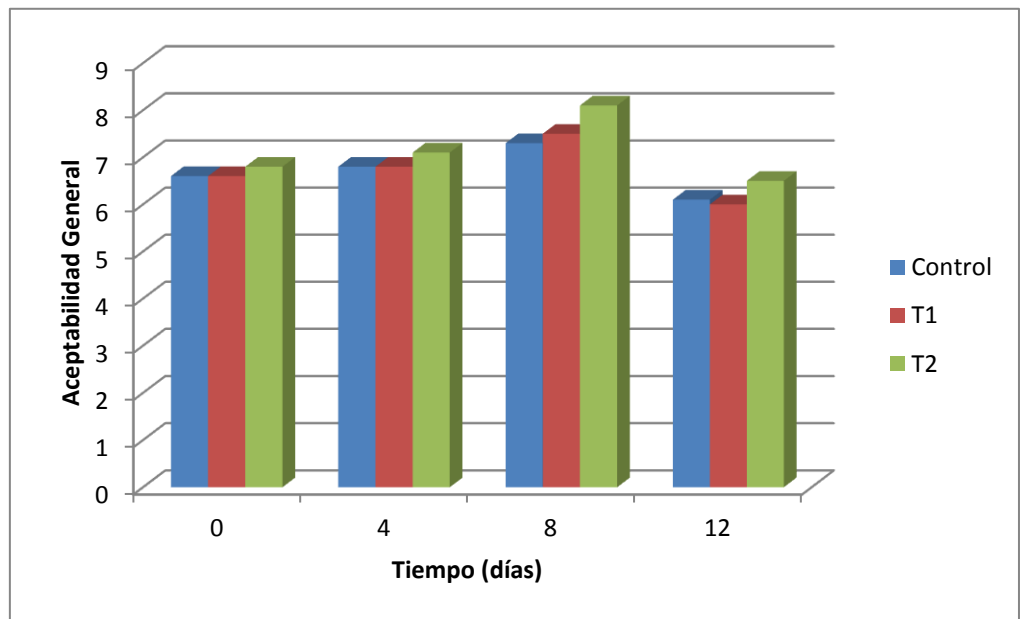
En el Cuadro 19, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Así mismo, en el subconjunto 3 se encuentra el tratamiento 20 min – 8 días de almacenamiento que presentó el menor recuento de mohos y levaduras con 3.17 log ufc/g.

Cuadro 19. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso.

Tratamiento	Subconjuntos					
	1	2	3	4	5	6
20 min - 0 días	2.38					
20 min - 4 días		2.85				
10 min - 0 días		2.87				
20 min - 8 días		3.17	3.17			
10 min - 4 días			3.38			
10 min - 8 días				3.79		
Control - 0 días				4.11		
Control - 4 días					4.49	
20 min - 12 días					4.52	
10 min - 12 días					4.69	
Control - 8 días						5.05
Control - 12 días						5.19

4.6. Efecto del tiempo de exposición con ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general.

La evaluación de aceptabilidad general se dio mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos en arilos de granada mínimamente procesada expuestas a ozono gaseoso y se realizó en los días 0, 4, 8 y 12 de almacenamiento, se evaluó en función a la percepción global de los atributos, apariencia, color, sabor, y textura.



Control: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 0 min de ozono gaseoso
T₁: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 10 min de ozono gaseoso
T₂: Arilos de granada mínimamente procesada expuesta a 20 min de ozono gaseoso

Figura 11. Aceptabilidad general de arilos de granada mínimamente procesada expuestos a ozono gaseoso en función de los días de almacenamiento.

En la figura 11, se observa los valores de aceptabilidad general de los arilos de granada, donde los panelistas en los días 0 y 4 de almacenamiento percibieron en las muestras color rojo y olor característico del fruto, sabor dulce, firmeza táctil rígida denotando percepciones de me gusta ligeramente y me gusta mucho. El día 8 de almacenamiento los resultados mostraron una clara preferencia por la muestra ozonizada con un tiempo de 20 minutos (T_2) de exposición debido a que los panelistas percibieron un sabor dulce, color y olor característicos, y una textura más firme, se registraron percepciones de me gusta mucho logrando un promedio de 8.1. El día 12 de almacenamiento los valores disminuyeron en todas las muestras, se observó que la muestra control (C) presentó un promedio de 6.1, con percepción me gusta ligeramente debido a que los panelistas distinguieron sabor con menor dulzor, color rojo opaco y olor poco característico, mientras que la muestra expuesta a 20 minutos de exposición a ozono gaseoso obtuvo un promedio de 6.5 me gusta bastante, mostrando un mejor mantenimiento de los parámetros evaluados al ser comparados con el control.

La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos que son percibidas por los sentidos (Ramírez, 2012).

La prueba sensorial se aplicó a panelistas no entrenados siendo los mismos panelistas para los 4 días de evaluación y consumidores de arilos de granada, su calificación se basó en el nivel de aceptación o satisfacción que percibieron en las muestras analizadas a temperatura ambiente.

En el cuadro 20, se presenta los resultados de la prueba de Friedman para la aceptabilidad general en función al tiempo de exposición a ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento para los arilos de granada, denotándose existió diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos.

Cuadro 20. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en arilos de granada mínimamente procesada

Tratamiento	Rango Promedio	Chi-cuadrado	p
Control - 0 días	6.60	78.64	0.000
20 min - 4 días	7.10		
20 min - 8 días	8.19		
20 min - 12 días	6.48		
Control - 4 días	6.85		
Control - 8 días	7.19		
Control - 12 días	6.27		
10 min - 0 días	6.69		
10 min - 4 días	6.85		
10 min - 8 días	7.65		
10 min - 12 días	6.10		
20 min - 0 días	6.77		

En el cuadro 21, se presenta la prueba de Wilcoxon, que es usada para obtener la información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares.

**Cuadro 21. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general
arilos de granada mínimamente procesada expuesta a
ozono gaseoso**

Tratamientos		Z	p
20 min - 4 día	Control - 4 día	-2.49905	0.271
	10 min - 4 día	-2.49905	0.271
20 min - 8 día	Control - 8 día	-3.79486	0.002
	10 min - 8 día	-3.41434	0.092

La prueba de Wilcoxon indica que hay diferencia significativa del tratamiento a 20min - 8 días con respecto al tratamiento control - 8 días y el tratamiento 10 min – 8 días; sin embargo, no existe diferencia significativa del tratamiento a 20min con 4 días con respecto al control – 4 días y el tratamiento 10 min - 4 día, teniendo como mejor tratamiento la exposición por un tiempo 20 min – 8 días.

V. CONCLUSIONES

Se determinó efecto significativo del tratamiento de exposición a ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en arilos de granada mínimamente procesada.

El tratamiento con 20 minutos de exposición a ozono gaseoso presentó el mayor color (L^* , a^*), contenido de antocianinas totales; así como, la menor pérdida de peso, contenido de sólidos solubles en arilos de granada mínimamente procesada.

El tratamiento con 20 minutos de exposición a ozono gaseoso mostró el menor recuento de mohos y levaduras a los 12 días de almacenamiento a 5 °C en arilos de granada mínimamente procesada

El tratamiento con 20 minutos de exposición a ozono gaseoso, obtuvo la mayor aceptabilidad general en arilos de granada a los 8 días de almacenamiento.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar el efecto de exposición a ozono y tiempo de almacenamiento en el contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides y actividad antioxidante de los frutos de granada.

VII. BIBLIOGRAFIA.

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

Artes, F. y Artes-Hernández, F. 2005 Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. Universidad Politécnica de Cartagena. España

Arnal, L.; Salvador, A.; Martínez-Javega, V. 2005 Efecto del ozono en el mantenimiento de la calidad de Caqui 'Rojo Brillante'. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha Vol. 6, N° 2, Pag. 99 – 106. México

Artés-Hernández, F.; Rodríguez-Hidalgo, S. y Artés F. 2010. Establecimiento de la vida comercial en uva 'Crimson seedless' mínimamente procesada con distintos lavados. Post-recolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena – España.

BAM. 2001. (Bacteriological Analytical Manual): Yeasts, Molds and Mycotoxins. Chapter 18 (En línea).

Disponible en:

<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm>.

Fecha de Consulta: 12/01/2014

Bataller, M.; Gonzales, J.; Veliz, E.; Fernandez, L. 2012 Ozone Applications in the Post-Harvest of Papaya (*Carica papaya* L.): An Alternative to *Amistar* Fungicide. National Center for Scientific Research. Cuba

Bataller-Venta M, Santa S, García M. 2010. El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. Revista CENIC Ciencias Biológicas Vol. 41, N° 3, Pág. 155-164. Cuba.

Bhat R.; Ameran S.; Voon H.; Karim A.; Tze L.: 2011. Quality attributes of star fruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. Food chemistry. Vol. 127, pág. 641-644.

Blandón, S. 2012 Fisiología de Poscosecha. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

Caleb, O.; Mahajan, P.; Fahad, A. 2013 Transpiration rate and quality of pomegranate arils as affected by storage conditions Revista Journal of Food. Vol.11.

Calin, A. y Carbonell, A. 2013 La fruta de la Granada cultivada en España – Punicalagina antioxidante del zumo de granada y el extracto de granada en la alimentación del futuro. Universidad Miguel Hernández. España

Carbonel A. y Sánchez A. 2012 La fruta granada cultivada en España. Universidad Miguel Hernández. España.

Castro N. y Quispe A. 2010 Efecto del ozono en los sistemas de higienización de frutas y hortalizas. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Perú.

Chiabrando V.; Giacalone G. ; Rolle L.; 2009. Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 89, pág. 989-992.

Chien Y. Wang , Chi-Tsun Chen , Shioh Y. Wang. 2009. Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. Food Chemistry. Vol. 117, pág: 426–431

Crisosto, C.; Mitcham, E.; Karder, A. 2012 Chilling Injury Pomegranate. University of California. USA

Del Valle L.; González L. A.; Báez R.; 2005. Antocianinas en Uva y su relación con el Color. Rev. Fitotec. Vol 28, pág. 359 – 368.

Demerutis, C. 2008. Daño por frío en la conservación refrigerada de frutas y hortalizas. Universidad EARTH. Costa Rica.

Estrella, L.; Baquero D.; Alexander J.; Rivera C.; Narvaez C.; 2005 Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas en pitaya amarilla (*acanthocereus pitajaya*): maduración y senescencia Acta Biológica Colombiana, Vol. 10 No. 2. Universidad Nacional de Colombia

FAO, 2006 GRANADA (*Punica granatum* L.).

Disponible en:

http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/GRANADA.HTM

Fecha de búsqueda: 4/01/ 2014

Fernández, C. 2012 Los efectos beneficiosos de la granada. Universidad Miguel Hernández. España

IFIC. Foundation. 2002 (International Food Information Council). Información Básica de Los Alimentos Funcionales: Los Antioxidantes. Washington, EE.UU.

Garmendia G. y Vero S. 2009 Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. Horticultura: Revista de frutas, hortalizas, flores, plantas ornamentales y de viveros. Pág. 1132-2950. España.

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

Glowacz M.; Colgan R.; Rees D.; 2015 Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. Science Direct. Vol 99

Gorena, T. 2008. Estabilización de compuestos naturales, bioactivos extraídos de granada (*Punica granatum* L.), mediante microencapsulación. Tesis Magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.

Guillen F; Zapata P.; Martínez D.; Serrano D.; 2007 La aplicación de poliaminas mantiene las propiedades funcionales de la granada. Universidad Miguel Hernandez. España

Hernández, E. 2005. Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta y a distancia. Colombia

Horvitz S. y Cantalejo M. 2007. Efecto del Ozono sobre la calidad de pimiento rojo cv. lamuyo mínimamente procesado. Universidad Pública de Navarra. España.

Kim J. y Yousef E.; Inactivation Kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. J Food Sci. 2000;65:521-28.

Kuskosky, E.; Asuero, A.; Troncoso, A. y Mancini-Filho, J. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol 25 N° 3, pag. 726-732

Lezcano I.; Pérez-Rey R.; Baluja C.; Sánchez E.; 2001 Ozone inactivation of *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei* and *Salmonella typhimurium* in water. Ozone Sci Eng.

López-Rubina y otros 2007 Evaluación de la calidad de granadas tratadas con uv-c y almacenadas en atmósfera controlada. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones

Lorente, G. 2006 Basics of ozone applications for postharvest treatment of fruits and vegetables. *Perishables Handling Quarterly* 9-15.

Manzocco L.; Da Pieve S.; Maifreni M.; 2011. Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. *Dipartimento di Scienze degli Alimenti. University of Udine. Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol. 12, pág. 13–17

Márquez L.; Pretell C.; Minchón C.; 2012 Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas, y antioxidantes en rebanadas de carambola (*Averrhoa carambola* L.), variedad Golden Star mínimamente procesada. *Revista Pueblo Continente* Vol. 23 N° 2

Martínez G. y Civello P. 2007 Degradación de pared celular en frutillas. Análisis de sus componentes, evolución de la actividad enzimática y expresión de genes asociados. Tesis para optar por el Título de Doctor en Biología Molecular y Biotecnología de la Universidad Nacional de General San Martín. Argentina

Martínez-Romero D, Zapata P, Diaz-Mula H, Serrano M, Castillo S, Valero D, Valverde J, Guillen F. 2013 Recubrimientos de Aloe vera mejoran la calidad de arilos de granada cv Mollar de Elche mínimamente procesados. Universidad Miguel Hernández. España.

Mendoza, S.; Muñoz, E.; Rivas K.; Loarca, P.; Reynoso R.; 2012 Extracto de semillas de vid (*Vitis vinifera L.*) con actividad antioxidante: concentración, deshidratación y comparación con antioxidantes de uso comercial. RRevista Mexicana de Ciencias agrícolas Vol. 3 N° 3.

Mercado, S.; Rocha, L.; Álvarez, B.; Mondragón, C.; 2007 Procesado mínimo de granada roja efectos de calidad de materia prima, forma y temperatura de almacenamiento en la calidad microbiológica y fisicoquímica. Universidad autónoma de Querétaro. México

Minas, I.; Vicente, A.; Prabhu, A.; Manganaris, G.; Vasilakakis, M.; Crisosto, C.; Molassiotis, A.; 2014 Ozone-induced kiwifruit ripening delay is mediated by ethylenebiosynthesis inhibition and cell wall dismantling regulation. Revista ScienceDirect Vol 229.

Minsa 2011 Lineamientos de Gestión de la estrategia Sanitaria de Alimentación y Nutrición Saludable. Disponible en:

http://www.minsa.gob.pe/portada/est_san/Lineamientos%20_ESNANS_FINAL.pdf

Fecha de Consulta: 23/01/2014

MINSA. 2008. Norma Resolución Ministerial N° 591-2008.Perú.

Mondragón C. y Juárez S. 2008. Guía para la producción de granada roja en Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. México

Montalvo, D.; 2011 Evaluacion de la Calidad postcosecha de mora (*Rubus glaucus* Beth) provenientes de la provincia de Tungurahua y Bolivar. Escuela Politecnica. Ecuador

Nunes, M.C.; Emond, J.P., Brecht, J. 2004. Quality curves for highbush blueberries as a function of the storage temperature. Proceedings of the Ninth North American Blueberry Research. Vol 3 N° 3, pag. 423-438.

Parzanese, M. 2010 Tecnologías para la Industria Alimentaria: Vegetales mínimamente procesados. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Pérez R.; Chavez H.; Baluja C.; 2008 Ozone inactivation of biologically-risky wastewaters Ozone Sci Eng.

Pérez, M. 2012. Aplicaciones del ozono en la industria alimentaria. Universidad de Costa Rica

Palou, L., Crisosto C.; Smilanick J.; Adaskaveg E.; Zoffoli J.; 2006. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. Postharvest Biology and Technology

Ramírez, J. 2012 Análisis Sensorial Pruebas orientadas al consumidor. Universidad del Valle. Colombia.

Rice R. 2007 User successes with ozone for agricultural products and food treatment. Proceeding of 17th World Ozone Congress.

Seminario, L.; Acuña, F.; Williams, S. 2010 El ozono y su Aplicación en la Conservación de Alimentos 2010. Universidad de Concepción. Chile

Sarig P.; Zahavi T.; Zuthhi Y.; Yannai S.; Lisker R.; Ben A.; 1999. Ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. Physiological and Molecular Plant Pathology 403-415.

Seminario L.; Acuña J.; Williams S. 2010 El ozono y su aplicación en la conservación de alimentos. Universidad de Concepción. Chile

Silva E.; Peralta L.; Álvarez B.; Mondragón, J. 2007 Procesado mínimo de granada roja efectos de la calidad de materia prima, forma y temperatura de almacenamiento en la calidad microbiológica y fisicoquímica. Universidad Autónoma de Querétaro. México

Sopher, C. 2007 The use of gaseous ozone in the US Agri-food industry. Proceeding of the 18th Ozone World Congress. USA.

Taipe, J. 2012 El cultivo del Granado Experiencia Peruana. Agrícola Wambra SAC.

Valero, D.; Zapata, P.; Guillen, F.; Serrano, M. 2007 Reducción del daño por frío en granada tratada con poliaminas antes del almacenamiento en frío. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones

Wei K.; Zhou H.; Zhou T.; Gong J.; 2007 Comparison of aqueous ozone and chlorine as sanitizers in the food processing Industry: Impact of fresh agricultural produce quality. Ozone Sci Eng

Wei-Dong W y Shi-Ying X. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. Journal of food engineering. Vol. 82, pág. 271-275

Zhang LL.; Yu Z.; Gao X.; 2005 Preservation fresh-cut celery by treatment of ozonated water. Food Control.

Zhuang H.; Lewis L.; Michelangleli D.; 2004 Ozone water treatments for preserving quality of packed, fresh-cut broccoli under refrigeration. Sciet.

VIII. ANEXO

Anexo 1. Pérdida de peso (%) arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso durante el almacenamiento.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	Pérdida de peso (%)		
	C	T ₁	T ₂
0	0.0	0.0	0.0
4	3.3	2.7	3.3
8	8.7	6.7	3.3
12	9.3	9.3	8.0

REPETICION 2

Tiempo (Días)	Pérdida de peso (%)		
	C	T ₁	T ₂
0	0.0	0.0	0.0
4	4.7	3.3	3.3
8	8.7	6.7	3.7
12	9.3	8.0	6.7

REPETICION 3

Tiempo (Días)	Pérdida de peso (%)		
	C	T ₁	T ₂
0	0.0	0.0	0.0
4	3.3	4.7	2.0
8	8.7	8.0	3.3
12	11.7	9.3	7.3

Anexo 2. Contenido de sólidos solubles (°Brix) arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso durante el almacenamiento.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	Sólidos Solubles (°Brix)		
	C	T₁	T₂
0	15.8	15.8	15.5
4	16.9	16.2	15.9
8	17.2	16.5	16.2
12	17.5	16.8	16.4

REPETICION 2

Tiempo (Días)	Sólidos Solubles (°Brix)		
	C	T₁	T₂
0	15.8	15.8	15.4
4	16.8	16.2	15.8
8	17.2	16.5	16.2
12	17.6	16.8	16.6

REPETICION 3

Tiempo (Días)	Sólidos Solubles (°Brix)		
	C	T₁	T₂
0	15.8	15.8	15.5
4	16.8	16.1	16.0
8	17.2	16.6	16.2
12	17.6	17.0	16.6

Anexo 3. Valor de luminosidad L^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso durante el almacenamiento.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	L^*		
	C	T ₁	T ₂
0	20.7	23.0	24.5
4	20.6	21.9	22.3
8	18.4	19.5	21.9
12	17.8	18.9	21.7

REPETICION 2

Tiempo (Días)	L^*		
	C	T ₁	T ₂
0	20.8	22.5	25.6
4	20.2	21.9	22.5
8	18.2	19.3	22.2
12	17.5	18.8	21.6

REPETICION 3

Tiempo (Días)	L^*		
	C	T ₁	T ₂
0	20.7	23.5	25.6
4	20.4	21.2	22.4
8	18.6	19.4	22.7
12	17.5	18.9	21.7

Anexo 4. Valor de luminosidad a^* en arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso durante el almacenamiento.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	a^*		
	C	T ₁	T ₂
0	11.3	11.3	11.9
4	11.2	11.5	12.5
8	12.1	12.3	13.4
12	10.7	12.5	14.6

REPETICION 2

Tiempo (Días)	a^*		
	C	T ₁	T ₂
0	10.7	11.4	11.9
4	11.4	11.7	12.4
8	12.3	12.2	13.7
12	12.7	12.4	14.7

REPETICION 3

Tiempo (Días)	a^*		
	C	T ₁	T ₂
0	11.3	11.3	11.6
4	11.3	11.8	12.3
8	12.2	12.2	13.8
12	11.3	12.5	14.9

Anexo 5. Contenido de antocianinas totales en arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso durante el almacenamiento.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	Antocianinas (mg/100g)		
	C	T ₁	T ₂
0	141.5	144.2	144.5
4	143.5	141.1	150.4
8	148.7	147.7	155.7
12	143.1	149.7	155.8

REPETICION 2

Tiempo (Días)	Antocianinas (mg/100g)		
	C	T ₁	T ₂
0	141.0	143.5	142.5
4	146.5	140.0	150.6
8	147.2	174.2	152.0
12	145.7	149.7	154.1

REPETICION 3

Tiempo (Días)	Antocianinas (mg/100g)		
	C	T ₁	T ₂
0	141.3	143.9	143.5
4	140.5	142.2	150.4
8	150.1	147.5	153.8
12	144.4	149.8	155.0

Anexo 6. Recuento de Mohos y Levaduras (log ufc/g) arilos de granada mínimamente procesada expuesta a ozono gaseoso durante el almacenamiento.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (log ufc/g)		
	C	T ₁	T ₂
0	4.22	3.24	2.47
4	4.59	3.15	2.76
8	5.05	3.90	3.30
12	5.19	4.39	4.61

REPETICION 2

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (log ufc/g)		
	C	T ₁	T ₂
0	3.90	2.53	2.49
4	4.28	3.47	2.94
8	5.06	3.58	2.96
12	5.19	4.69	4.64

REPETICION 3

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (log ufc/g)		
	C	T ₁	T ₂
0	4.20	2.83	2.19
4	4.58	3.53	2.85
8	5.04	3.88	3.26
12	5.20	4.99	4.34

Anexo 7. Resultados de la evaluación sensorial durante el almacenamiento.

Jueces	C	T₁	T₂
Día 0	432	739	514
1	8	6	7
2	7	7	6
3	6	7	6
4	5	6	7
5	7	8	7
6	7	5	8
7	8	7	7
8	7	5	6
9	7	7	7
10	5	5	8
11	7	7	8
12	8	9	6
13	4	6	7
14	7	7	6
15	6	9	7
16	5	6	6
17	7	6	7
18	6	7	6
19	7	7	7
20	6	7	8
21	8	6	6
22	6	7	6
23	7	6	7
24	6	6	8
25	5	6	6
26	8	8	6
27	7	5	6
28	8	8	7
29	6	6	6
30	6	6	8
TOTAL	197	198	203
PROMEDIO	6.57	6.60	6.77

Jueces	C	T₁	T₂
Día 4	432	739	514
1	7	7	9
2	7	7	7
3	6	6	7
4	7	7	6
5	7	7	8
6	8	8	7
7	7	7	8
8	7	7	6
9	6	6	9
10	8	8	7
11	7	7	6
12	6	6	7
13	8	8	9
14	7	7	6
15	7	7	8
16	6	6	8
17	6	6	6
18	6	6	9
19	7	7	7
20	7	7	8
21	6	6	7
22	6	6	6
23	7	7	6
24	7	7	7
25	6	6	7
26	6	6	6
27	8	8	7
28	7	7	8
29	8	8	6
30	7	7	6
TOTAL	205	205	214
PROMEDIO	6.83	6.83	7.13

Jueces	C	T₁	T₂
Día 8	432	739	514
1	7	9	8
2	9	7	9
3	6	8	8
4	7	6	8
5	7	8	6
6	8	8	9
7	7	8	9
8	9	6	9
9	6	9	7
10	8	9	9
11	7	4	9
12	6	7	8
13	9	9	9
14	7	6	6
15	7	8	8
16	8	9	9
17	6	6	8
18	8	9	7
19	7	7	9
20	8	8	8
21	6	7	8
22	6	6	8
23	7	9	9
24	7	7	7
25	6	8	7
26	9	6	8
27	8	7	9
28	7	9	6
29	9	6	8
30	7	8	9
TOTAL	219	224	242
PROMEDIO	7.30	7.47	8.07

Jueces	C	T₁	T₂
Día 12	432	739	514
1	5	5	6
2	7	6	7
3	6	6	7
4	5	7	6
5	7	5	6
6	6	8	5
7	8	7	7
8	7	6	5
9	6	5	7
10	5	5	5
11	7	8	7
12	5	6	9
13	6	6	6
14	7	6	7
15	6	6	9
16	5	6	6
17	7	7	6
18	6	6	7
19	7	5	7
20	6	8	7
21	7	6	6
22	6	6	7
23	7	4	6
24	6	5	6
25	5	6	6
26	6	6	8
27	7	7	5
28	5	6	4
29	6	6	6
30	5	5	6
TOTAL	184	181	192
PROMEDIO	6.13	6.03	6.40

Anexo 8 Datos de la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en arilos de granada expuesto a ozono gaseoso

Tratamientos		Z	p
Control - Día 0	Control - Día 4	-3.07497	0.420
	Control - Día 8	-3.45548	0.026
	Control - Día 12	-3.96969	0.051
	10 min - Día 0	-2.78701	0.952
	10 min - Día 4	-3.07497	0.422
	10 min - Día 8	-3.44520	0.016
	10 min - Día 12	-0.98728	0.062
	20 min - Día 0	-2.85900	0.455
	20 min - Día 4	-3.52747	0.061
	20 min - Día 8	-4.36049	0.000
	20 min - Día 12	-2.24195	0.502
Control - Día 4	Control - Día 8	-4.78214	0.014
	Control - Día 12	-1.60433	0.003
	10 min - Día 0	-2.15968	0.411
	10 min - Día 4	-4.78214	0.014
	10 min - Día 8	-3.42463	0.030
	10 min - Día 12	-1.21353	0.002
	20 min - Día 0	-3.85656	0.666
	20 min - Día 4	-2.49905	0.271
	20 min - Día 8	-4.31935	0.000
	20 min - Día 12	-1.82030	0.151

Anexo 8 Datos de la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en arilos de granada expuesto a ozono gaseoso (continuación)

Tratamientos		Z	p
Control - Día 8	Control - Día 12	0.14398	0.000
	10 min - Día 0	-0.53478	0.039
	10 min - Día 4	-4.04168	0.014
	10 min - Día 8	-2.33451	0.574
	10 min - Día 12	-0.19540	0.000
	20 min - Día 0	-2.98241	0.030
	20 min - Día 4	-1.59405	0.616
	20 min - Día 8	-3.79486	0.002
	20 min - Día 12	-0.18512	0.010
Control - Día 12	10 min - Día 0	-3.16752	0.123
	10 min - Día 4	-4.44276	0.003
	10 min - Día 8	-4.24736	0.001
	10 min - Día 12	-2.85900	0.744
	20 min - Día 0	-3.91827	0.011
	20 min - Día 4	-4.16509	0.002
	20 min - Día 8	-4.57646	0.000
	20 min - Día 12	-2.70474	0.417

Anexo 8 Datos de la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en arilos de granada expuesto a ozono gaseoso (continuación)

Tratamientos		Z	p
10 min - Día 0	10 min - Día 4	-3.08525	0.411
	10 min - Día 8	-3.44520	0.016
	10 min - Día 12	-0.60677	0.050
	20 min - Día 0	-2.34479	0.563
	20 min - Día 4	-3.73315	0.046
	20 min - Día 8	-3.92855	0.000
	20 min - Día 12	-4.72043	0.371
10 min - Día 4	10 min - Día 8	-3.42463	0.030
	10 min - Día 12	4.78214	0.000
	20 min - Día 0	-3.85656	0.666
	20 min - Día 4	-2.49905	0.271
	20 min - Día 8	-4.31935	0.000
	20 min - Día 12	-1.82030	0.151

Anexo 8 Datos de la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en arilos de granada expuesto a ozono gaseoso (continuación)

Tratamientos		Z	p
10 min - Día 8	10 min - Día 12	-0.12341	0.001
	20 min - Día 0	-0.83302	0.008
	20 min - Día 4	-4.00054	0.076
	20 min - Día 8	-3.41434	0.092
	20 min - Día 12	0.61705	0.007
10 min - Día 12	20 min - Día 0	-4.73072	0.005
	20 min - Día 4	-4.14452	0.001
	20 min - Día 8	-4.78214	0.000
	20 min - Día 12	-2.83843	0.191
20 min - Día 0	20 min - Día 4	-2.93099	0.149
	20 min - Día 8	-4.35020	0.000
	20 min - Día 12	-1.09012	0.212
20 min - Día 4	20 min - Día 8	-3.59946	0.009
	20 min - Día 12	-0.64790	0.016
20 min - Día 8	20 min - Día 12	2.15968	0.000

Anexo 9 Proceso de elaboración de arilos de granada mínimamente procesada expuesto a ozono gaseoso



Recepción de materia prima



Lavado



Desgranado



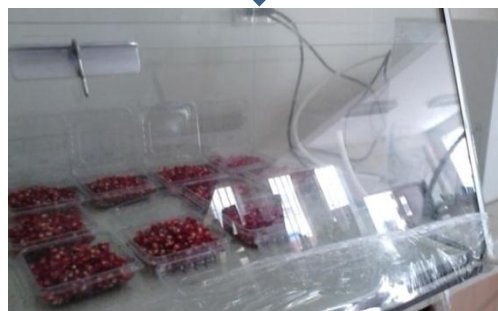
Desgranado



Envasado



Pesado



Desinfección



Almacenamiento



Anexo 10 Tratamiento de C, T₁ y T₂ al final del almacenamiento.

C (0 minutos ozono)



T₁ (10 minutos ozono)



T₂ (20 minutos ozono)

