



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**“Efecto de un envase activo combinado con atmósferas
modificadas en la conservación de melón (*Cucumis melo*)
cortado refrigerado”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:

DAVID OMAR VEGA REMIGIO

ASESORES:

**DRA. MARÍA DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA
I.A ALFREDO ÁLVAREZ CÁRDENAS**

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

Efecto de un envase activo combinado con atmósferas modificadas en la conservación de melón (*Cucumis melo*) cortado refrigerado.

Que presenta el pasante: **David Omar Vega Remigio**

Con número de cuenta: **414094367** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de Abril de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza</u>	
VOCAL	<u>I.A. Edgar Francisco Arechavaleta Vázquez</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Araceli Ulloa Saavedra</u>	
1er. SUPLENTE	<u>M.N.H. Juana Gutiérrez Bautista</u>	
2do. SUPLENTE	<u>I.A. Arturo Munguía Sánchez</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/javg

AGRADECIMIENTOS

- *El PAPIIT IT201617, “Efecto de recubrimientos nanopartículados y tratamiento con luz UV-C sobre la actividad antioxidante, enzimática e integridad de frutas y hortalizas cortadas”. de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM).*
- *El proyecto PIAPI 1647 “Evaluación y diseño de sistemas nanopartículados para la conservación refrigerada y/o congelada de productos de origen vegetal. Proyecto interno de FES-Cuautitlán-UNAM*
- *David Omar Vega Remigio agradece el apoyo técnico para la realización de pruebas fisicoquímicas y texturales de la Dra. María de los Ángeles Cornejo Villegas, en el Laboratorio de Transformación y Tecnologías Emergentes de Alimentos de la UIM.*

LUGAR DE REALIZACIÓN

Este trabajo se realizó en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Laboratorio de Transformación y Tecnologías Emergentes de Alimentos, Campo IV FES-Cuautitlán-UNAM.

Dedicatorias

- *A mis padres, **José Luis Vega Y Dionicia Remigio** por ser un gran ejemplo de superación y perseverancia, son mi mayor inspiración y el motivo por el cual me esfuerzo día con día para alcanzar mis metas y así poder cumplir las suyas. Gracias por todo lo que me han enseñado a lo largo de estos años, consejos dados, su apoyo incondicional y motivación en los momentos en los cuales sentía que no estaba siendo lo suficientemente bueno y siempre estaban ahí para hacerme ver que iba por el camino correcto, sin ustedes este logro no hubiera sido posible.*
- *A mis hermanos, **Cesar y Eduardo** por todo el apoyo incondicional que me ofrecieron a lo largo de la carrera, pero sobre todo a ti Eduardo ya que sin importar que eres el hermano menor eres el que más me apoya y motiva para ser una gran persona y seguir adelante, ahora me toca a mí ayudarte y no lo dudes que así será.*
- *A la **Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza**, por todo el apoyo brindado en la realización de este proyecto, por ser un ejemplo de superación y que el querer es poder. Gracias por sus consejos y ayuda que me ofrecía en cada momento, ya que me hicieron crecer tanto profesionalmente como en lo personal. Es un honor haber compartido esta última etapa de mi carrera universitaria a su lado ya que aprendí demasiado.*
- *Al ingeniero **Alfredo Álvarez Cárdenas**, por toda su ayuda, enseñanza y disponibilidad para compartir sus conocimientos en este proyecto. Es un honor aprender de usted ya que no cualquiera tiene la dicha de hacerlo.*
- *A mis sinodales, **I.A Edgar Francisco Arechavaleta Vázquez, M. en C. Araceli Ulloa Saavedra, M.N.H Juana Gutiérrez Bautista y I.A Arturo Munguía Sánchez** por su apoyo, dedicación y conocimientos transmitidos en este proyecto y en mi formación profesional.*

- *A mis amigas de toda la vida, **Rebeca, Esperanza, Sonia, Adriana, Karla y Sandra**, las cuales me han enseñado lo que significa una verdadera amistad y que sin importar el pasar de los años siempre estarán ahí apoyándome. Gracias por seguir a mi lado sin importar las tantas veces que me decían que nos viéramos o saliéramos y siempre les contestaba con un NO porque la escuela me absorbía mucho tiempo. Son las mejores y espero que nuestra amistad dure por mucho tiempo más.*
- *A la familia Santiago, principalmente a la **Sra. Esther** y sus hijas **Karen y Gabriela** por todo el apoyo brindado tanto en lo personal como en mi crecimiento profesional. Gracias por ser mi segunda familia y abrirme las puertas de su casa.*
- *A mis amigos que la universidad me dio, **Alma, Ana, Barbara, César E, Claudia, Cristina, Dafne, Diego, Elizabeth, Ingrid, Karina, Laura, Marisol, Michelle, Monserrat, Tania y Victoria**, los cuales hicieron mi estancia en la carrera más amena eh incluso más fácil. Gracias por compartir casi 5 años de su vida conmigo, por brindarme su amistad, confianza, conocimientos y grandes momentos, pero sobre todo por aguar mis cambios de humor y mis dramas. También agradezco el tiempo que se tomaban para explicarme cosas que no entendía y tenerme la paciencia cuando no me quedaban claras las cosas. Son seres que jamás olvidare y que agradezco que se hayan cruzado en mi camino, ya que de cada uno de ustedes aprendí demasiado y me hicieron una gran persona. Los admiro demasiado por todo lo que han logrado y los quiero mucho. Espero esta amistad dure por mucho tiempo.*
- *A **Liliana y Verónica**, por su apoyo en la realización de este proyecto ya que sin conocerme por completo me ayudaron en dudas que me iban surgiendo y poco a poco se fueron convirtiendo en buenas amigas.*
- *A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**, pero sobre todo a la **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN** por todas las oportunidades brindadas, es un orgullo ser parte de la máxima casa de estudios y sobre todo ser un ingeniero egresado de la misma.*

Este sueño está a punto de comenzar.....

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Generalidades del Melón (<i>Cucumis melo</i>)	1
1.1.1 Aporte nutrimental del melón	3
1.1.2 Mecanismos de deterioro de melón	4
1.2 Alimentos y frutas mínimamente procesadas	5
1.2.1 Cambios de textura	6
1.2.2 Cambios de color	6
1.2.3 Cambios enzimáticos	7
1.2.4 Cambios químicos y enzimáticos en melón mínimamente procesado	7
1.2.5 Cambios químicos causados por la conservación por frío	9
1.3 Tecnologías de conservación en alimentos mínimamente procesados	9
1.3.1 Conservación por frío	10
1.3.2 Nanotecnología	11
1.3.3 Envases activos	13
1.3.4 Aceites esenciales	14
1.3.5 Atmósfera modificada	16
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	23
2.1 Problema	23
2.2 Objetivo general y particulares	24
2.3 Selección de variables	25
2.4 Actividades preliminares	26
2.4.1 Caracterización de la cámara de refrigeración.	26
2.4.2 Preparación del recubrimiento	27
2.4.3 Aplicación de recubrimiento a polietileno de baja densidad	27
2.4.4 Selección de agente reforzador de textura	28
2.5 Selección de materia prima	28
2.6 Preparación de las muestras	28
2.7 Envasado de melón cortado	29

2.8 Actividades experimentales	30
2.8.1 Cantidad de CO ₂ y O ₂ en el espacio libre de cabeza	30
2.8.2 Pérdida de peso	30
2.8.3 Evaluación de color	31
2.8.4 Evaluación de textura	31
2.8.5 Determinación de grados Brix	32
2.8.6 Determinación de pH	33
2.8.7 Determinación de ácido ascórbico	34
2.8.8 Determinación de carotenoides totales	34
2.8.9 Evaluación sensorial	35
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
3.1 Caracterización de la cámara de refrigeración	36
3.2 Resultados de actividades experimentales	37
3.2.1 Cantidad de CO ₂ y O ₂ en el espacio libre de cabeza	37
3.2.2 Pérdida de peso	40
3.2.3 Evaluación de color	42
3.2.4 Determinación de pH	47
3.2.5 Determinación de °Brix	48
3.2.6 Determinación de ácido ascórbico	50
3.2.7 Determinación de carotenoides totales	52
3.2.8 Evaluación de firmeza	53
3.2.9 Análisis de perfil de textura	55
3.2.10 Evaluación sensorial	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Melón Cantaloupe (Saltveit, 2011).	3
Figura 2.	Procedimiento general para la preparación de nanocompuestos y mejora de las propiedades de barrera (Mihindukulasuriya <i>et al.</i> , 2014).	12
Figura 3.	Representación esquemática de las tres perspectivas de los productos en atmósfera modificada (Parry, 1993).	18
Figura 4.	Acomodo de los termohigrómetros en la cámara de refrigeración.	26
Figura 5.	Melón sumergido en lactato de calcio (3%) y escurrido por 2 minutos.	28
Figura 6.	Sellado e inyección de gases en envasadora de campana Multivac.	29
Figura 7.	Analizador de gases QUANTEK.	30
Figura 8.	Balanza digital marca Scout Pro.	31
Figura 9.	Agro colorímetro marca APOLLINAIRE.	31
Figura 10.	Texturómetro Bookfield modelo CT-3.	32
Figura 11.	Refractómetro marca Hanna modelo Hi 96801.	33
Figura 12.	Potenciómetro Hanna modelo Hi 96801.	33
Figura 13.	Espectrofotómetro marca Genesis modelo 10S UV-Vis.	35
Figura 14.	Encuesta Hedónica para la evaluación sensorial.	35
Figura 15.	Temperatura y humedad relativa en la sección 1 de la cámara de refrigeración.	36
Figura 16.	Temperatura y humedad relativa en la sección 3 de la cámara de refrigeración.	37
Figura 17.	Producción de CO ₂ en el espacio libre de cabeza.	38
Figura 18.	Producción de O ₂ en el espacio libre de cabeza.	39

Figura 19.	Determinación de peso en los 4 tratamientos utilizados en el melón cortado.	41
Figura 20.	Escala de Luminosidad (Gallego y Sanz, 2001).	43
Figura 21.	Luminosidad en los 4 tratamientos de conservación de melón cortado.	44
Figura 22.	Cromaticidad en los 4 tratamientos de conservación de melón cortado.	45
Figura 23.	Ángulo de tono en los 4 tratamientos de conservación de melón cortado.	46
Figura 24.	Cambios de ácido ascórbico durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	51
Figura 25.	Cambios de carotenoides totales durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	52
Figura 26.	Comportamiento de la firmeza (N) durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	54
Figura 27.	Comportamiento de la dureza (N) en el primer ciclo durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	56
Figura 28.	Comportamiento de la dureza (N) en el segundo ciclo durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	57
Figura 29.	Comportamiento de la elasticidad (mm) en el primer ciclo durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	58
Figura 30.	Análisis de la evaluación sensorial.	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición del melón por 100 g de porción (USDA,2010).	4
Tabla 2.	Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar (Parry, 1993).	20
Tabla 3.	Niveles de variación.	25
Tabla 4.	Cambios de pH durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.	48
Tabla 5.	Comportamiento de los sólidos solubles por efecto de los tratamientos aplicados y su variación estándar.	50

RESUMEN

Los alimentos mínimamente procesados en forma fresca y listos para consumir han ganado la confianza tanto del comerciante como del consumidor. Esto ha llevado a la necesidad de desarrollar tecnología para incrementar la vida útil manteniendo la calidad nutricional y sensorial de los productos listos para el consumo. Esta investigación se llevó a cabo con melón mínimamente procesado, envasado con y sin atmósferas modificadas en un envase de polietileno de baja densidad con y sin recubrimiento nanoparticulado de aceite esencial de toronja, con el fin de prolongar la vida de almacenamiento del melón refrigerado a 4°C en atmósfera activa y pasiva. La atmósfera activa contenía 5% de O₂, 10% de CO₂ y 85% de N₂.

Se observó que el melón mínimamente procesado, almacenado a 4°C y con la aplicación de una atmósfera activa y en el envase con recubrimiento de aceite esencial de toronja, ayudó a conservar el melón 23 días manteniendo sus propiedades como el pH, °Brix, ácido ascórbico, carotenoides totales, color, dureza y elasticidad, prácticamente igual a las del producto fresco. En contraste con el tratamiento de envase sin recubrimiento y sin atmósfera modificada el cual empezó a disminuir las propiedades del producto fresco a partir de los 14 días de almacenamiento.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos mínimamente procesados consisten en frutas y verduras lavadas, cortadas y envasadas. Las preferencias del consumidor están cada vez más orientadas hacia productos listos para consumo y libres de aditivos sintéticos, lo que implica un gran esfuerzo de investigación en esta área. El mercado de alimentos desarrolla nuevos productos y nuevas tecnologías, y los productos mínimamente procesados siguen siendo los primeros en la lista de productos que satisfacen las necesidades de los consumidores ocupados, debido a sus características primarias de frescura y calidad. Sin embargo, operaciones como pelar, cortar, triturar y rebanar aumentan en gran medida el daño fisiológico de estos productos (Martín-Diana *et al.*, 2007), dando como resultado, cambios bioquímicos tales como el oscurecimiento, la producción de mal sabor, la pérdida de textura, cambios en el aporte nutricional y la calidad microbiana de los productos (Giménez *et al.*, 2003).

Entre las diversas alteraciones fisiológicas que se presentan son: incremento de la transpiración, actividad enzimática, pérdida de agua, sabor, aroma, y proliferación microbiana. Además, la tasa de respiración acelerada representa el principal factor que provoca la inaceptabilidad de los alimentos (Ragaert *et al.*, 2007). Por lo tanto, las estrategias destinadas a disminuir la actividad respiratoria son exitosas (Fonseca *et al.*, 2002). Por lo general, un aspecto relevante para tener en cuenta y mantener la calidad de los productos hortícolas es la elección del sistema de envasado apropiado. Se pueden conseguir diversas condiciones de espacio de cabeza en un envase dependiendo de las interacciones entre la actividad respiratoria del producto envasado y la transferencia de gas a través de la película polimérica. La superposición de ambos procesos conduce a un aumento de CO₂ y una reducción de O₂ en el espacio de cabeza del envase. De hecho, Smith *et al.*, (1989) informaron que, como resultado de la respiración del producto, la

correspondencia de las características del producto con la permeabilidad de la película podría dar como resultado la evolución pasiva de una atmósfera apropiada dentro de un envase sellado. Por lo tanto, la elección de las propiedades de barrera de masa de la película es un factor clave para obtener una modificación óptima de la atmósfera y evitar niveles extremadamente bajos de O₂ o altos niveles de CO₂, que podrían inducir metabolismo anaeróbico con la posibilidad de generación de mal sabor o riesgo de proliferación de microorganismos anaeróbicos.

Se han desarrollado varios modelos predictivos de la tasa de respiración de alimentos mínimamente procesados para optimizar las características del envasado o la composición de gases (Rocculi *et al.*, 2006). Se puede crear una atmósfera modificada en un envase ya sea pasivamente que implica la modificación de la atmósfera por efecto de la respiración del producto y la permeabilidad a los gases dada por el envase o activa, introduciendo mezclas de gases en el envase. Si las características de respiración del producto se corresponden adecuadamente con los valores de permeabilidad de la película, se puede crear pasivamente una atmósfera modificada beneficiosa dentro del envase. Un punto importante que considerar es el espacio libre de cabeza ya que junto con la permeabilidad del envase contribuye a mantener la concentración de gases que contribuye a controlar la respiración del producto.

La selección de una combinación de gases adecuada que evite el estado transitorio habitual antes de alcanzar el estado de equilibrio del gas en el envase reduce la tasa de respiración durante el estado transitorio, promoviendo la preservación del producto y, consecuentemente, la prolongación de la vida útil (Rodríguez-Aguilera y Oliveira, 2009). En general, la composición de gas dentro de un envase con atmósfera modificada es baja en O₂ y alta en CO₂, dependiendo principalmente de la temperatura, peso del producto, tasa de respiración de O₂ y la tasa de transmisión de CO₂, así como el área de respiración del alimento expuesta con el medio ambiente. (Mahajan *et al.*, 2007).

La variabilidad natural de la materia prima y su respuesta dinámica a las condiciones de procesamiento y almacenamiento pueden imposibilitar la identificación de una atmósfera verdaderamente óptima utilizando métodos empíricos generales, lo que sugiere que avances significativos en el envasado de alimentos mínimamente procesados pueden requerir el desarrollo de modelos matemáticos complejos que incorporen la respuesta dinámica de los productos al medio ambiente (Jacxsens *et al.*, 1999).

La atmósfera modificada y el almacenamiento a baja temperatura generalmente no son suficientes para prolongar la vida útil de los productos mínimamente procesados, porque el estrés fisiológico excesivo y la mayor susceptibilidad al deterioro microbiano causado por las operaciones de procesamiento reducen significativamente la vida útil (Mastromatteo *et al.*, 2010).

La temperatura es un factor importante, invisible y omnipresente que controla las actividades metabólicas y enzimáticas respiratorias, la transpiración y el crecimiento de plagas y microorganismos. El manejo adecuado de la temperatura en el almacenamiento de los tejidos de frutas y verduras mínimamente procesadas puede inactivar o retardar los defectos fisiológicos. Una teoría desarrollada (Parkin *et al.*, 1989) para explicar la lesión por frío se basó en transiciones de fase lipídica de membrana inducidas a baja temperatura que conducen a una pérdida de la integridad de la membrana y un daño fisiológico.

En condiciones naturales, la capa externa del tejido vegetal consiste en una superficie hidrófoba que proporciona una barrera natural a los microorganismos (Lund, 1992). Debido a daños en la superficie, los nutrientes se liberan del tejido de la planta y pueden ser utilizados por los microorganismos.

En los últimos años, los consumidores han ejercido una considerable presión para reducir o eliminar los aditivos sintetizados químicamente en los alimentos. Por lo tanto, se han realizado esfuerzos para encontrar alternativas naturales a los aditivos actualmente utilizados para prevenir el crecimiento bacteriano y fúngico en frutas y verduras mínimamente procesadas. Los compuestos antimicrobianos pueden

incorporarse en el material de envasado, recubrirse en la superficie de la película de envasado o agregarse en un sobre en el envase para su liberación durante el almacenamiento (envase activo). Otra posibilidad para los compuestos portadores naturales es incorporar el compuesto en un recubrimiento comestible, ya sea sumergiendo o pulverizando el alimento o añadiendo los compuestos activos directamente en el proceso de fabricación de alimentos (Siracusa *et al.*, 2008).

Los antimicrobianos naturales se pueden definir como moléculas de origen natural que no son tóxicas para los humanos, ambientalmente seguras, económicas y ampliamente disponibles (Burt, 2004). Las principales fuentes de estos compuestos son plantas (por ejemplo, metabolitos secundarios como aceites esenciales y fitoalexinas), microorganismos (bacteriocinas y ácidos orgánicos) y animales (lisozima de huevos, quitosano de desechos de caparzones de cangrejo y camarones).

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades del Melón (*Cucumis melo*)

El melón es una especie originaria de África y Asia. Aunque no se han podido localizar sitios con presencia de plantas silvestres, se considera que los inicios de su cultivo se remontan a 2400 años A de C en territorio egipcio. Al inicio de la era cristiana el melón ya era conocido y quizá provenía de la India, Sudán o los desiertos iraníes; trescientos años después estaba muy extendido en Italia.

Raíz: El sistema reticular es moderadamente extensivo constituido por una raíz principal profunda, algunas raíces secundarias, produce laterales más superficiales que se desarrollan rápidamente, desarrollando un radio de aproximadamente 25 cm. En el suelo son abundantes, rastreras, fibrosas, superficiales y muy ramificadas. Algunas raíces pueden llegar a alcanzar hasta un metro de profundidad, pero normalmente es entre los 30 y los 40 cm del suelo, en donde la planta desarrolla más raíces abundantes y de crecimiento rápido (Moll,1969).

Tallo: Es herbáceo, recubierto de formaciones pilosas, y su desarrollo puede ser rastrero o trepador debido a la presencia de zarcillos. Puede llegar a medir de 3 a 4 metros de longitud y se ramifica después de que se presenta de 5 a 6 hojas (García-Morato, 1981).

Hojas: Son simples, grandes, alternas, de 5 a 7 lóbulos, su tamaño varía de acuerdo con la variedad, tiene un diámetro de 8 a 15 cm. Además de un largo de 4 a 10 cm.

Flor: las plantas son generalmente andromonoicas, aunque hay gino monoicas. Las flores masculinas aparecen antes que las femeninas y en un grupo de 3 a 5 flores en los nudos de las guías primarias y nunca donde se encuentra una femenina o

flor hermafrodita. Las plantas producen más flores masculinas que femeninas y son de color amarillo (Valadez, 1994).

Fruto: Científicamente se dice que el melón es una baya, provista de abundante semilla, su forma puede ser redonda y ovalada por los polos y con dimensiones muy variables (Salvat, 1979). Los frutos pueden ser redondos u oblongos de cáscara lisa, rugosa o reticulada, por lo general de color amarillo, anaranjado o verde. La pulpa o punto en su madurez es blanda, perforada o casi inodora, dulce y acuosa.

Semilla: Es de tamaño regular, aplanada, ovalada, puntiaguda por uno de sus extremos, de color blanco amarillenta, de 5 a 15 mm de longitud, su peso difiere de la variedad. La facultad germinativa dura de 4 a 6 años y la germinación se verifica de 5 a 6 días. El porcentaje de germinación depende de varios factores, pero oscila entre el 70 y 80% (Tsicornia, 1974).

Clima y suelo: En la gran gama de climas presentes en la República Mexicana, es posible establecer prácticamente cualquier cultivo agrícola que se maneja en otras partes del mundo. En este caso, el melón, requiere condiciones de calor y una buena cantidad de agua que debe ser suministrada de acuerdo con los requerimientos. Las condiciones de excesiva humedad provocan un desarrollo anormal o pobre del fruto y es susceptible a las heladas. El calor es indispensable para la planta, pues si se llegan a presentar temperaturas bajas al momento de la apertura de las flores masculinas, pueden ocurrir percances y se pierde la flor o su participación es mínima. La temperatura ideal para la germinación se encuentra entre 28°C y 32°C, para la floración entre 20°C y 23°C, y para el desarrollo entre 25°C y 30°C. La temperatura inferior a 13°C provoca el retraso del desarrollo vegetativo (Tsicornia, 1974).

En México se cultivan una gran cantidad de variedades, principalmente las de tipo cantaloupe, la cual se muestra en la Figura 1, conocido como chino, rugoso o reticulado y en menor proporción las de tipo liso, donde destacan la variedad Honey Dew, conocida como melón amarillo o gota de miel.



Figura 1. Melón Cantaloupe (Saltveit, 2011).

1.1.1 Aporte nutrimental del melón

El melón tipo cantaloupe es una excelente fuente de compuestos carotenoides incluido el β -caroteno como provitamina B y vitamina C. También es una buena fuente de vitaminas B6, niacina, tiamina, potasio. Los cantaloupes también son altos en fibra dietética, así como folato, un nutriente necesario para el crecimiento y el desarrollo de la hemoglobina.

Los compuestos volátiles aislados del fruto de melón incluyen n-hexanol, 1-octen-3-ol, cis-3-nonen-1-ol, acetato de n-butilo, acetato de isobutilo, acetato de 2-metilbutilo, acetato de n-butirato de etilo, 2-metilbutirato de etilo, acetato de bencilo, acetato de β -fenetilo y acetato de γ -fenilpropilo (Kemp *et al.*, 1974). La prevalencia de seis ésteres de tioéter, acetato de metilo (metiltio), acetato de etilo (metiltio), acetato de 2- (metiltio) etilo, 3- (metiltio) propanoato de metilo, 3- (metiltio) propanoato de etilo y 3- (metiltio) propilo acetato, se consideraron de importancia para los perfiles aromáticos de frutos de *Cucumis melo* (Wylie y Leach, 1992).

Tabla 1. Composición del melón por 100 g de porción (USDA,2010).

Compuesto	Cantidad
Energía (kcal)	34
Humedad (g)	90.15
Proteína (g)	0.84
Grasa (g)	0.19
Cenizas (g)	0.65
Carbohidratos (g)	8.16
Fibra (g)	0.9

1.1.2 Mecanismos de deterioro de melón

La calidad de la fruta está determinada por numerosos rasgos que incluyen dulzura, color, aroma, acidez y firmeza. Estos rasgos se forman durante el complejo proceso de maduración que, aunque varía entre las especies, aún se asocia con la actividad celular típica (Cruz-Hernández *et al.*, 2011). Los cambios de color, por ejemplo, se deben a alteraciones en la clorofila, el carotenoide y otro contenido de pigmentos de los plástidos y las vacuolas. El dulzor en la fruta madura es el resultado de la elevación en el nivel de mono y disacáridos debido a la degradación del almidón o el transporte extracelular. Las alteraciones en el metabolismo de los ácidos orgánicos y la generación de compuestos volátiles que producen aroma son comunes y el ablandamiento se produce por la degradación progresiva de los componentes de la pared celular (Carillo *et al.*, 2002).

En general, los cambios de maduración implican una multiplicidad de cambios bioquímicos, metabólicos y moleculares que se ha demostrado que están relacionados con alteraciones en la actividad de enzimas específicas o vías completas.

Estos cambios conducen a la acumulación de azúcares solubles, ácidos orgánicos, volátiles y metabolitos especializados adicionales (Nishiyama *et al.*, 2007). Los

procesos de maduración no están necesariamente regulados conjuntamente y se clasifican típicamente como dependientes de etileno e independientes, mientras que el alcance del control de etileno difiere entre especies (Hadfield *et al.*, 2000).

1.2 Alimentos y frutas mínimamente procesadas

Los alimentos mínimamente procesados están definidos por la International Fresh-Cut Produce Association (IFPA) como cualquier fruta o verdura fresca o cualquier combinación de las mismas que haya sido físicamente alterada de su forma original pero que permanezca en estado fresco (García y Barrett, 2004).

El procesamiento mínimo de frutas y verduras incluye todas las operaciones, como lavar, pelar, rebanar, triturar, clasificar, cortar, picar, extraer, moler, abrasionar, desinfectar, enjuagar y secar antes del envasado y almacenamiento a baja temperatura, para extender la vida útil y preservar las propiedades nutritivas y sensoriales de los productos (Brecht, 1995). El procesamiento mínimo se usa con el fin de preparar un producto original o producto básico para el consumo, sin afectar la calidad original del producto, similar a la "frescura" (Shewfelt, 1987). Todos estos pasos mínimos de procesamiento tienen un efecto en la vida útil, el valor nutricional y la calidad del producto preparado (Perera, 2007).

Los alimentos mínimamente procesados son muy susceptibles a la pérdida de calidad en términos de parámetros sensoriales, microbianos y nutricionales. Las principales causas de pérdida de calidad se atribuyen a las operaciones de procesamiento (corte, pelado, entre otras), a la producción elevada de etileno y a las tasas de respiración. Por lo tanto, el mantenimiento de los atributos de calidad de estos productos es un gran desafío. Se han sugerido algunas tecnologías emergentes que incluyen entre otras a las atmósferas modificadas y envases activos para preservar y mejorar la calidad de los alimentos mínimamente procesados (González-Aguilar *et al.*, 2010).

1.2.1 Cambios de textura

La pérdida acelerada de textura se considera uno de los principales factores que limitan la vida útil de los tejidos de los alimentos mínimamente procesados (King y Bolin, 1989). La disminución de la turgencia debido a la pérdida de agua también se ha sugerido como una causa de ablandamiento tisular (Beaulieu y Gorny, 2001) en la fruta mínimamente procesada.

La pérdida de firmeza es inmediata y con mayor rapidez en los tejidos heridos debido a la ruptura celular y la pérdida de la integridad del tejido (Miller, 1992). La actividad enzimática de la pared celular puede acelerarse mediante heridas (Karakurt y Huber, 2002), que pueden inducir un reblandecimiento extenso en los tejidos de alimentos mínimamente procesados. La actividad enzimática aumenta en la pared celular, por lo tanto, causa la despolimerización de los poliuronidos pécticos y hemicelulósicos, lo que puede dar como resultado cambios de textura adicionales en los tejidos mínimamente procesados (Ergun, 2006).

1.2.2 Cambios de color

Los alimentos mínimamente procesados se deterioran más rápido que el producto intacto debido al oscurecimiento interno y externo de la superficie cortada. El daño físico durante el proceso de pelado y corte también causa un aumento en las tasas de respiración, cambios bioquímicos y deterioro microbiano, que a menudo resultan en la degradación del color, textura, nutrientes y sabor del alimento (Buta *et al.*, 1999).

Privados de sus matrices protectoras naturales, los compuestos fenólicos se exponen al oxígeno durante el procesamiento y, por lo tanto, se pueden oxidar a quinonas. Se ha encontrado que diversas clases de compuestos fenólicos, que muestran una gran diversidad de estructuras tales como catequinas, derivados del ácido hidroxicinámico y antocianinas, contribuyen al oscurecimiento no enzimático y enzimático de los alimentos (Pati *et al.*, 2006).

1.2.3 Cambios enzimáticos

Las frutas y verduras mínimamente procesadas son sistemas complejos y más activos que las frutas y verduras enteras. Las enzimas endógenas en frutas y verduras desempeñan un papel vital en el desarrollo del color, la textura, el sabor, el valor nutritivo y la bioactividad deseados de las partes vegetales comestibles. Las actividades enzimáticas endógenas están controladas por "mecanismos naturales" en frutas y verduras enteras. Los mecanismos naturales de control sobre las reacciones enzimáticas se pierden principalmente durante los diversos procesos mínimos. Algunas enzimas endógenas y enzimas microbianas pueden causar cambios de deterioro en frutas y vegetales, especialmente en frutas y vegetales mínimamente procesados en la etapa posterior a la cosecha. Decoloración, pérdida de textura, formación de mal sabor, oxidación de lípidos y la pérdida de valor nutricional son los cambios perjudiciales importantes en la calidad de las frutas y verduras mínimamente procesadas (Temiz *et al.*, 2017).

Se producen algunas respuestas importantes a los daños físicos, es decir, heridas, en el tejido de los alimentos mínimamente procesados. Una de las respuestas más comunes a las heridas en el tejido de estos alimentos es un aumento tanto en la tasa de respiración como en la producción de etileno (Dea *et al.*, 2011). Las respuestas a las heridas también exponen a los tejidos internos al crecimiento de microorganismos y a las actividades perjudiciales de las enzimas microbianas, así como a las enzimas endógenas potencialmente nocivas de las frutas y verduras (García y Barrett 2002). Las principales enzimas responsables de la degradación de la calidad también pueden ser de origen microbiano. Las frutas y verduras enteras tienen una microflora natural característica en sus superficies. Sin embargo, los alimentos mínimamente procesados son muy sensibles a la contaminación microbiana, favoreciendo un mayor crecimiento de microorganismos.

1.2.4 Cambios químicos y enzimáticos en melón mínimamente procesado

Las enzimas son esenciales en la fisiología y el metabolismo de las plantas. Hay varias enzimas endógenas en frutas y verduras. También hay actividad enzimática

microbiana en las plantas. Ambas enzimas endógenas y microbianas juegan un papel importante en el desarrollo de cambios deseados o no deseados en la calidad sensorial y nutritiva de las frutas y verduras. La mayoría de las enzimas permanecen activas en la etapa postcosecha (Terefe *et al.*, 2014).

Las enzimas endógenas desempeñan un papel en los eventos deseables donde la maduración tiene lugar durante el almacenamiento postcosecha. Es bien sabido que muchos metabolitos primarios y secundarios se producen durante la maduración de la fruta, lo que hace que diferentes rutas metabólicas se vean involucradas cuando existen enzimas endógenas (Song, 2010). Las enzimas endógenas desempeñan un papel importante en el desarrollo de los cambios deseados que afectan la calidad sensorial y nutritiva, como el color, la textura, el sabor, el valor nutritivo y la bioactividad deseados de las frutas y hortalizas comestibles.

Las actividades enzimáticas endógenas están controladas por mecanismos intrínsecos al funcionamiento en frutas y verduras enteras. Este se pierde una vez que el producto es sometido a un procesamiento mínimo. Las frutas y verduras mínimamente procesadas son sistemas complejos y más activos que las frutas y verduras enteras. Los pasos de preparación eliminan la protección natural (pericarpio) de las frutas y verduras, haciéndolos susceptibles a la desecación y marchitamiento. Los tejidos de productos recién cortados se deterioran rápidamente y su metabolismo difiere significativamente de la de las frutas y verduras intactas (García y Barrett, 2002).

La tasa de respiración se incrementa considerablemente en los productos con procesamiento mínimo, haciendo el producto más perecedero (Paviath y Orts, 2009). En la mayoría de los casos, el procesamiento mínimo provoca la alteración de los tejidos celulares y la descomposición, liberando su contenido líquido en los sitios de las heridas (Ayala-Zavala *et al.*, 2009). El comportamiento subcelular se interrumpe en las superficies de la herida, favoreciendo el contacto de sustratos, lo que provoca un aumento tanto en la tasa de respiración como en la producción de etileno (Dea *et al.*, 2011). Las respuestas a las heridas también exponen a los tejidos internos al crecimiento de microorganismos y a las actividades perjudiciales de las

enzimas microbianas, así como a las enzimas endógenas potencialmente nocivas de las frutas y verduras (García y Barrett, 2002).

1.2.5 Cambios químicos causados por la conservación por frío

La mayoría de las reacciones metabólicas que ocurren en productos recién cortados y que producen cambios en la calidad son catalizadas por enzimas y, como tales, dependen mucho de la temperatura (Wiley, 1994). La baja temperatura reduce la respiración, inhibe el crecimiento microbiano y retarda la actividad metabólica, la maduración y la senescencia (Wang, 1999; Able *et al.*, 2005). El mantenimiento de la baja temperatura también es imprescindible para preservar la seguridad microbiológica de estos productos, y por eso, la temperatura recomendada para los productos recién cortados es $\leq 5^{\circ}\text{C}$. Las temperaturas entre 0 y 3°C pueden prolongar la vida útil de los vegetales mínimamente procesados de 5 a 18 días, ya que la degradación de la calidad se ve retardada por la disminución de la temperatura que causa una reducción en la frecuencia respiratoria (Scott, 1989).

1.3 Tecnologías de conservación en alimentos mínimamente procesados

la preservación de los alimentos es la clave principal en el suministro mundial de alimentos. Por esta razón, los científicos de alimentos se están enfocando en nuevas tecnologías que pueden satisfacer las necesidades de los consumidores en crecimiento. Para mantener la vida útil de los alimentos mínimamente procesados, se han descrito algunos métodos o tecnologías para conservar su inocuidad, calidad nutricional y características sensoriales (González-Aguilar *et al.*, 2008). La introducción de nuevas tecnologías, incluida la ingeniería genética, la irradiación, la aplicación de campo eléctrico pulsado, alta presión, ultrasonidos, envasado activo y atmósferas modificadas para extender la vida útil puede plantear un desafío especial en la inocuidad de los alimentos (Ortega-Rivas, 2012). Algunas nuevas tecnologías aumentarán la producción agrícola y harán que los alimentos sean más

seguros, pero su utilidad y seguridad deben demostrarse si van a ser aceptados por los consumidores (González-Aguilar *et al.*, 2010).

En todo tipo de alimentos, incluidos los alimentos mínimamente procesados, las innovaciones técnicas darán lugar a la producción de alimentos más seguros que tendrán nuevos sabores, texturas y nutrientes, los cuales serán más rápidos de preparar y tendrán una mayor vida útil. Además, los nuevos procesos, materiales de empaque, equipos, procedimientos de prueba y sistemas de seguridad también conducirán a avances en los sistemas generales para la manipulación y entrega de alimentos. Los métodos tradicionales para esterilizar y desinfectar los alimentos deben cambiar para adaptarse a la preferencia del consumidor por los alimentos frescos y mínimamente procesados.

1.3.1 Conservación por frío

La cadena de frío utilizada con los alimentos mínimamente procesados debe comenzar tan pronto como sea posible después de la cosecha. El preenfriamiento temprano de la materia prima extiende significativamente la vida útil de los productos mínimamente procesados.

Las regulaciones francesas impusieron 8°C como temperatura máxima para alimentos mínimamente procesados en 1987. Este límite se redujo a 4°C en 1988 (Scandella, 1988), pero los productos mínimamente procesados a menudo se almacenan o distribuyen a temperaturas más altas (Anon, 1988). La temperatura elegida para las investigaciones debe oscilar entre 8°C y 10°C. Las normas inglesas para el manejo de alimentos refrigerados recomiendan un rango de temperatura de almacenamiento de 0-8°C, señalando que algunas verduras pueden sufrir daños si se mantienen en el extremo inferior de este rango de temperatura.

Disminuir la temperatura reduce la respiración y retrasa la senescencia. Existe una relación lineal entre el logaritmo de la tasa de consumo de O₂ y la temperatura. El mantenimiento de una temperatura estable y baja es la clave del éxito para las frutas y verduras mínimamente procesadas envasadas. Cuando la temperatura de

almacenamiento aumenta a 10°C, el estado estacionario se alcanza antes (Ryall y Lipton, 1972) y la composición del gas dentro de las bolsas a temperaturas superiores a 10°C, la concentración de CO₂ aumenta bruscamente debido su metabolismo. Por lo tanto, la temperatura de la cadena de enfriamiento debe tenerse en cuenta para desarrollos de envasado en atmósferas modificadas.

1.3.2 Nanotecnología

La nanotecnología implica la caracterización, fabricación y/o manipulación de estructuras, dispositivos o materiales que tienen al menos una dimensión o contienen componentes con al menos una dimensión, que es de aproximadamente 1-100 nm de longitud aproximadamente (Duncan, 2011; Bouwmeester *et al.*, 2009). La nanotecnología de los alimentos sigue siendo un subcampo menos conocido del área de la nanotecnología. Esta área implica un mejor sabor, color y textura, así como el desarrollo de nuevos materiales de envasado de alimentos para disminuir un desarrollo microbiano. Hay tres campos principales o aplicaciones para la nanotecnología en el envasado de alimentos. Aplicaciones de barrera de nanocompuestos poliméricos, antimicrobianos basados en nanopartículas y sensores que detectan los contaminantes en los alimentos o monitorean los cambios en las condiciones o integridad del envase (Duncan, 2011).

En cuanto a los envases, las estrategias de la nanotecnología se centran en la mejora de las propiedades de barrera, la adición y la liberación controlada de componentes antimicrobianos, e incluso utilizar nanosensores para permitir la trazabilidad de los productos envasados (Rhim *et al.*, 2013). Para evitar la pérdida de humedad, la difusión de agua y gas, se han desarrollado nanocompuestos de polímeros. Los sistemas nanocompuestos son aquellos en los que la fase dispersa está nanoestructurada. Estos sistemas incluyen agentes antimicrobianos de tamaño nanométrico. Este material se crea al dispersar un compuesto inerte de nanoescala a través de una matriz polimérica (Duncan, 2011).

Una de las grandes ventajas que van a ser capaces de ofrecer los nanocompuestos de polímeros en la industria de envasado de alimentos, incluidos los alimentos mínimamente procesados, es reducir costos, aumentar la vida útil mediante la disminución de la transferencia de oxígeno y vapor de agua, lo que aumenta las propiedades mecánicas y, por último, una mayor velocidad de biodegradación (Naffakh *et al.*, 2013).

La Figura 2 representa el procedimiento general para la preparación de nanocompuestos e ilustra cómo estos materiales mejoran las propiedades de barrera en comparación con un material de polímero puro. La dispersión adecuada de nanopartículas en la matriz del polímero es uno de los factores más importantes que determina las propiedades del compuesto resultante.

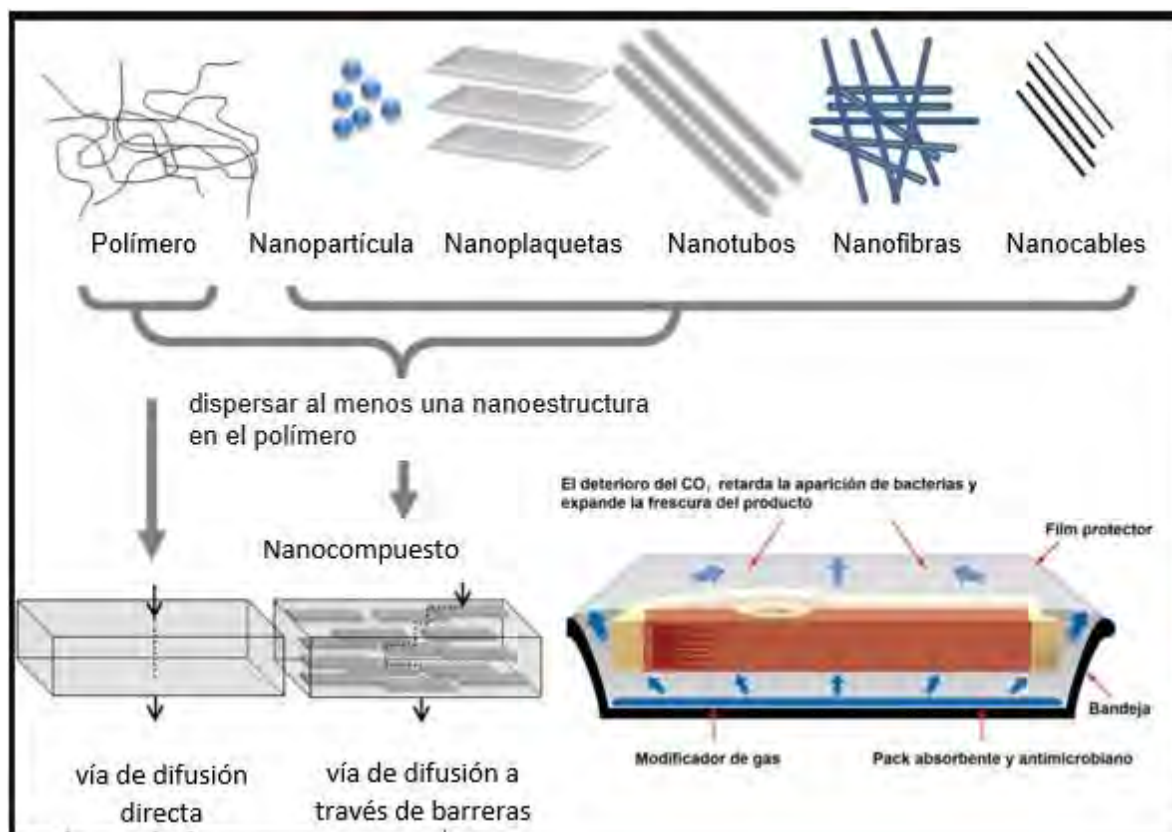


Figura 2. Procedimiento general para la preparación de nanocompuestos y mejora de las propiedades de barrera (Mihindukulasuriya *et al.*, 2014).

La incorporación de rellenos, tales como nanoplaquetas con una alta relación de superficie con el espesor en el polímero, mejora las propiedades de barrera para la difusión de las moléculas permeantes. Dado que estas cargas son impermeables o menos permeables a los gases y al vapor de agua que las matrices poliméricas, su presencia da como resultado una trayectoria de difusión más larga tomada por las moléculas permeantes. Como resultado, mejoran las propiedades de barrera globales de un nanocompuesto contra vapores y gases (*Mihindukulasuriya et al., 2014*).

1.3.3 Envases activos

Los envases activos desempeñan un papel adicional en el mantenimiento de la calidad y la seguridad de los productos mínimamente procesados en comparación con los envases tradicionales. Los sistemas de envasado activo están diseñados específicamente para controlar las reacciones que deterioran al producto y para mantener las cualidades nutricionales y sensoriales de los alimentos. Este método utiliza ingredientes activos en el material de envasado o el espacio libre de cabeza. En general, un envase activo se define como un sistema inteligente que implica interacciones entre el envase o los componentes dentro de una atmósfera de gas interna (Ozdemir y Floros, 2004). Ejemplos importantes de ingredientes activos incluyen eliminadores de oxígeno, emisores/absorbentes de dióxido de carbono, absorbentes de humedad, absorbentes de etileno, emisores de etanol, sistemas de liberación/absorción de sabor y películas antimicrobianas.

Además de la incorporación de agentes individuales, el sistema de envase activo podría ser más sofisticado y tener un sistema activo multifuncional con la adición de dos o más ingredientes activos (Ozdemir y Floros, 2004). La migración de los compuestos activos puede lograrse por contacto directo entre los alimentos y el material de envasado o mediante la difusión de la fase gaseosa desde la capa interna de envasado hasta la superficie del alimento (Mehyar y Han, 2011).

Dependiendo del objetivo del envase del alimento, las propiedades de las películas activas pueden alterarse con la adición de compuestos para mejorar las características indeseables del envase (Krochta, 2002).

Una característica importante del envasado de alimentos es la evaluación de las propiedades mecánicas, ópticas y de barrera de las películas activas. El análisis mecánico como elongación en ruptura, resistencia a la tracción y módulo elástico se complementan con otros análisis microestructurales, químicos y físicos importantes como: espesor, solubilidad, actividad del agua, hidrofobicidad superficial, permeabilidad al vapor de agua, permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono, entre otras.

Varios factores afectan las propiedades mecánicas de un envase activo que incorpora aceites esenciales, como las propiedades del aceite esencial, la cantidad utilizada, el uso de plastificante y la matriz de polímero (Ghanbarzadeh y Oromiehi, 2008).

Al estudiar la efectividad del envasado de alimentos en antimicrobianos y antioxidantes, muchos sistemas que han demostrado una fuerte actividad en sistemas modelo o in vitro, no demuestran una actividad similar cuando se prueban en productos alimentarios reales. Esto, que es muy común, se debe a los efectos interactivos de varios factores que son características del alimento como el pH, la actividad del agua, contenido de grasas y proteínas, aditivos, sal y también determinantes extrínsecos como la temperatura de almacenamiento y la atmósfera composición (Otero *et al.*, 2014).

1.3.4 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos oleosos aromáticos obtenidos a partir de material vegetal individual o integrado: flores, brotes, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutas y raíces (Burt, 2004). Los aceites esenciales se obtienen comúnmente por fermentación, extracción o destilación. La composición química de los aceites esenciales es compleja y fuertemente dependiente de la

parte de la planta considerada (por ejemplo: semilla y hojas), el momento de la cosecha (antes, durante o después de la floración), la temporada de cosecha, entre otras. Los principales componentes en los aceites esenciales son sustancias fenólicas, que se consideran las responsables de las propiedades antimicrobianas.

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se puede atribuir a su contenido de monoterpenos que, debido a su carácter lipofílico, actúan alterando la integridad de la membrana citoplasmática microbiana, que pierde así su alta impermeabilidad para protones e iones más grandes. Los compuestos lipofílicos se acumulan en la bicapa lipídica de acuerdo con su coeficiente de partición específico, lo que lleva a la alteración de la estructura de la membrana (Zhang *et al.*, 2009). Entonces, las funciones de la membrana se ven comprometidas, no solo como una barrera sino también como una matriz para las enzimas y como un transductor de energía (Liolios *et al.*, 2009).

Las películas incorporadas con aceites esenciales generalmente se preparan por método de fundición. Esto se basa en la evaporación del solvente (sin uso de calor) de la solución formadora de película, lo que resulta en la formación de una película compacta y estructurada (Shojaee-Aliabadi *et al.*, 2013).

- **Aceite esencial de toronja**

Se ha demostrado que el aceite esencial de toronja posee propiedades antibacterianas, antivirales, antifúngicas y antiparasitarias. Contiene grandes cantidades de compuestos polifenólicos, tales como catequinas, epicatequina, epicatequina-3-O-galato, diméricas, triméricas y procianidinas tetrámeras (Saito *et al.*, 1998). Estas acciones beneficiosas se han atribuido en parte a la actividad antioxidante de los flavonoides cítricos, como la naringenina (Shoko *et al.*, 1999).

El componente principal del aceite esencial de toronja son los limonoides de estos, el 77% son neutros, mientras que el 2% son limonoides ácidos. Los constituyentes principales de la fracción limonoide neutra son limoneno (76%), nomilina (15%), desacetililina (8%) y obacunona (1%). La fracción ácida está constituida

principalmente por ácido nomilínico (86%), ácido isolimónico (8%) y ácido desacetilnomilínico (5%). El aceite esencial de toronja contiene también una alta concentración de glucósidos limonoides, los cuatro principales derivados son la limonina, la nomilina, la desacetilonilina, y obacunona (Hasegawa, 1989).

1.3.5 Atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada (MAP) de frutas y verduras frescas se basa en la modificación los niveles de O₂ y CO₂ en la atmósfera producida dentro de un envase sellado con algunos tipos de películas poliméricas. Es deseable que la interacción natural que se produce entre la respiración del producto y el envase genere una atmósfera con bajos niveles de O₂ y/o una alta concentración de CO₂. El crecimiento de organismos que causan la descomposición es, por lo tanto, reducido y la vida del producto se extiende. Además, la atmósfera deseada puede reducir la tasa de respiración y la producción de etileno, cambios fisiológicos. Por ejemplo, puede inhibir los mecanismos químicos, enzimáticos y microbiológicos asociados con la descomposición de los productos frescos, evitando así el uso de otros procesos químicos o térmicos, como congelación, deshidratación y esterilización (Kader et al., 1989; Gorris y Tauscher, 1999; Saltveit, 1997; Fonseca *et al.*, 2002).

El uso de atmósferas modificadas y/o controladas ha crecido en los últimos 50 años, contribuyendo significativamente a extender la vida postcosecha y mantener la calidad de varias frutas y hortalizas. Entonces, el cambio de la atmósfera debe tener una combinación de factores que influyen en la permeabilidad del envase del producto y la respiración para lograr una atmósfera de gran equilibrio para la conservación del producto. Esto se logra cuando la respiración del producto consume la misma cantidad de O₂ que ingresa al empaque y la producción de CO₂ por la respiración es igual a la cantidad que sale del envase (Day, 1996).

A diferencia de otros productos perecederos que están envasados en atmósferas modificadas, las frutas y hortalizas frescas continúan respirando después de ser

recolectadas y en consecuencia cualquier empaquetado posterior debe de tener en cuenta esta actividad respiratoria. La respiración es un fenómeno bioquímico muy complejo según el cual los carbohidratos, polisacáridos, ácidos orgánicos y otras fuentes de energía son metabolizados en moléculas más simples con producción de calor. Los productos de la respiración anaerobia son el dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua, mientras que los productos de la fermentación tales como etanol, acetaldehído y ácidos orgánicos se producen durante de respiración anaerobia. La respiración está afectada por numerosas propiedades intrínsecas de los productos frescos, así como por diferentes factores extrínsecos, pero generalmente hablando, la vida útil alcanzable por un producto empaquetado en atmósfera modificada es inversamente proporcional a la intensidad de la respiración (Parry, 1993).

La reducción en oxígeno (O_2) y el enriquecimiento de CO_2 son consecuencias naturales del desarrollo de la respiración cuando las frutas y hortalizas frescas se almacenan en un envase o contenedor herméticamente cerrado. Esta modificación en la composición de la atmósfera provoca un descenso en la intensidad de la respiración del material vegetal (Day, 1988).

Si el producto está encerrado en una película impermeable, los niveles de oxígeno en el interior del envase podrían descender a concentraciones muy bajas en las que se podría iniciar la respiración anaerobia. La Figura 3a, muestra esquemáticamente este panorama. La anaerobiosis, con acumulación de etanol, acetaldehído y ácidos orgánicos, normalmente se asocia con olores, sabores y con una marcada degradación en la calidad del producto. Además, existe un riesgo de crecimiento de organismos patógenos anaerobios, como el *Clostridium botulinum*; por lo tanto, se recomienda un mínimo de 2-3% O_2 , para asegurar que no se crean condiciones potencialmente peligrosas (Bernard, 1987).

A la inversa, si las frutas u hortalizas se encierran en una película con excesiva permeabilidad, se producirá poca o ninguna modificación de la atmósfera en el interior del envase. La Figura 3b ilustra esquemáticamente este panorama. Además, las pérdidas de humedad podrían provocar el marchitamiento y pérdidas

indeseables de frescura, por lo tanto, los envases flexibles totalmente permeables son inadecuados para el envasado de los productos frescos.

Sin embargo, si se selecciona un envase flexible con permeabilidad intermedia, se establece una adecuada atmósfera modificada de equilibrio cuando las intensidades de transmisión de O_2 y CO_2 a través del envase es igual a la intensidad de respiración del producto. La Figura 3c muestra esquemáticamente este panorama.

Los primeros estudios sobre atmósferas modificadas utilizaron niveles reducidos de O_2 en los envases de manzana para ralentizar la maduración de las frutas. El primer desafío fue controlar los niveles de O_2 en el envase. Desde entonces, unas enormes variedades de polímeros con diferentes propiedades han sido desarrollados para ofrecer una amplia gama de opciones en características tales como permeabilidad a los gases, tracción, fuerza y flexibilidad, entre otros. Actualmente, diversos sistemas de atmósfera modificada en los envases se han desarrollado y utilizado con una amplia gama de frutas y verduras para proporcionar condiciones de almacenamiento óptimas y que alarguen la vida útil del producto.

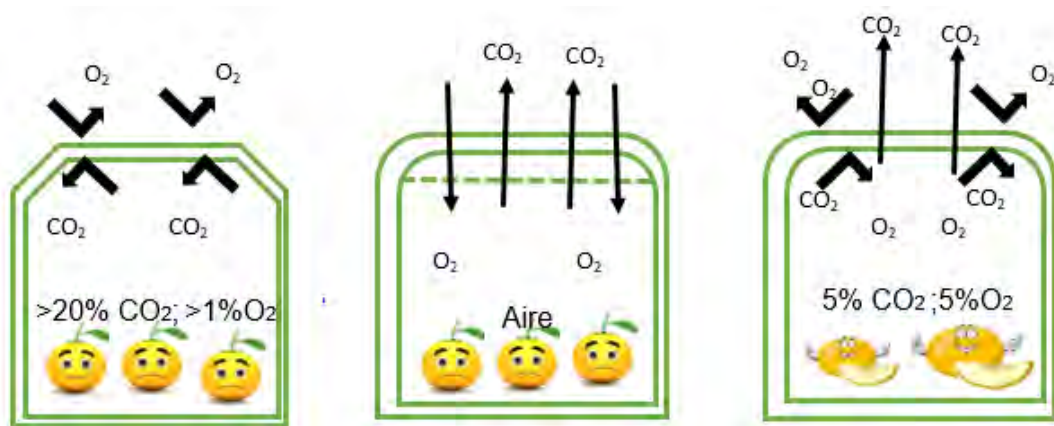


Figura 3. Representación esquemática de las tres perspectivas de los productos en atmósfera modificada (a) película barrera: condiciones anaerobias indeseables (b) película totalmente permeable: modificación atmósfera no deseable (c) película de permeabilidad intermedia: adecuada atmósfera modificada de equilibrio (Parry, 1993).

a) Atmósfera pasiva

Las atmósferas modificadas pueden obtenerse pasivamente entre la fruta u hortaliza y el envase sellado o usando intencionalmente concentraciones de gases determinadas. La atmósfera modificada se forma como resultado de la respiración vegetal, que consume CO_2 y libera O_2 en un envase sellado. En la modificación pasiva, el producto de respiración se coloca en un envase polimérico y se sella herméticamente. Solo la respiración del producto y la permeabilidad a los gases de la película influyen en el cambio en la composición gaseosa del entorno que rodea al producto. Si las características respiratorias del producto están apropiadamente emparejadas con los valores de permeabilidad de la película, entonces se puede crear pasivamente una atmósfera beneficiosa modificada dentro de un envase. El propio polímero restringe de manera variable el intercambio de gases entre los ambientes internos y externos debido a su permeabilidad selectiva a O_2 y CO_2 . Después de un período de tiempo, el sistema alcanza una atmósfera de equilibrio que contiene concentraciones más bajas de O_2 y concentraciones más altas de CO_2 que en el aire de la atmósfera.

b) Atmósfera activa

La atmósfera modificada obtenida intencionalmente o activamente ocurre cuando la mezcla de gas deseada se inyecta en el envase que contiene el producto, para posteriormente sellar el envase. De esta forma, el equilibrio atmosférico dentro del envase se alcanza más rápido o casi de inmediato. Algunas veces, ciertos aditivos son incorporado en la película polimérica o dentro de los envases para modificar la atmósfera del espacio de cabeza y para extender la vida útil. Otro proceso es la aceleración del equilibrio atmosférico por medio del envasado al vacío el cual es el proceso de eliminación del aire antes del sellado, reduciendo el espacio libre. Aunque la modificación activa de la atmósfera dentro del envase incurre en costos adicionales, la ventaja es que el ambiente deseado es logrado de manera segura en mucho menos tiempo.

El concepto básico del envasado de alimentos frescos en atmósferas modificadas es la sustitución en el envase, del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases, en proporción diferente a la del aire, la cual ayuda a aumentar la vida útil del producto. La composición aproximada del aire se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar (Parry, 1993).

Gas	Porcentaje (%)
Nitrógeno (N₂)	78.03
Oxígeno (O₂)	20.99
Argón (Ar)	0.94
Dióxido de carbono (CO₂)	0.03
Hidrógeno (H₂)	0.01

Hay que tener en cuenta que el aire y O₂ ejercen efectos destructores sobre las vitaminas (particularmente la vitamina A y C) sobre el color, sabor y otros componentes de los alimentos. Algunos microorganismos necesitan O₂ para su desarrollo por lo tanto una forma de conservar los alimentos es disminuir el contacto de los alimentos con el aire, por ejemplo, envasándolos en atmósferas pobres de O₂ lo cual se consigue por medios físicos y da lugar a otros métodos industriales de conservación: vacío, gases inertes y atmósferas controladas o atmósferas modificadas. Las principales características de cada uno de los gases más importantes son:

a) Oxígeno (O₂)

Es un gas incoloro, inodoro que es altamente reactivo y fundamental para la combustión. Tiene una solubilidad muy baja en agua (0.040 g/kg a 100 kpa, a 20°C). El oxígeno provoca varios tipos de reacciones que producen el deterioro de los alimentos (oxidación de la grasa, reacciones de oscurecimiento, oxidación de

pigmentos). La mayor parte de las bacterias y hongos perjudiciales necesitan oxígeno para su crecimiento. Por ello, para aumentar la vida útil de los alimentos, la atmósfera interior del envase debe contener una baja concentración de oxígeno residual. Las excepciones se presentan cuando el oxígeno es necesario para la respiración de frutas y hortalizas, la retención del color o para evitar condiciones anaerobias (Coles, 2004).

b) Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro, con un ligero olor picante a concentraciones muy altas. Produce asfixia y es ligeramente corrosivo en presencia de humedad. Si disuelve fácilmente en agua (1.57 g/kg a 100 kpa, a 20°C), produciendo ácido carbónico (H₂CO₃), que aumenta la acidez de la solución y reduce el pH. La solubilidad del CO₂ aumenta al disminuir la temperatura. Por esta razón, la actividad antimicrobiana del CO₂ es mucho mayor a temperaturas inferiores a 10°C, que a temperaturas superiores a los 15°C (Coles, 2004).

c) Nitrógeno (N₂)

El nitrógeno es un gas poco reactivo, sin olor, sin sabor y sin color. Tiene una densidad inferior a la del aire, no es inflamable y tiene una baja solubilidad en el agua (0.018 g/kg a 100 kpa, a 20°C) y en otros componentes de los alimentos. Su presencia ayuda a inhibir el crecimiento de los microorganismos aerobios, pero no afecta al de los anaerobios. La baja solubilidad del nitrógeno en los alimentos sirve para evitar la rotura de los envases, si se incluye suficiente cantidad de este gas en la atmósfera del envase (Coles, 2004).

d) Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas sin olor y sin sabor, que es muy reactivo e inflamable. Tiene una baja solubilidad en el agua, pero es relativamente soluble en algunos disolventes orgánicos. Se ha estudiado el empleo de CO en atmósferas modificadas en la carne. En USA se utiliza para evitar el oscurecimiento de la lechuga. Sus aplicaciones comerciales son limitadas por su toxicidad y la formación de mezclas con el aire potencialmente explosivas (Coles, 2004).

e) Gases nobles

Son una familia de elementos caracterizada por su falta de reactividad (gases inertes), y la componen el Helio, Argón, el Xenón y el Neón, estos gases se emplean en la conservación de alimentos (por ejemplo, en productos derivados de papa).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

2.1 Problema

La demanda de los consumidores para adquirir alimentos de fácil consumo, con mayor tiempo de vida útil y cada vez más naturales ha ido en aumento, lo cual ha obligado a la industria de alimentos a desarrollar nuevas tecnologías de conservación. Los alimentos mínimamente procesados refrigerados tienen como propósito ofrecer al consumidor un producto hortícola fresco, con una vida útil prolongada y al mismo tiempo garantizar la seguridad de estos, manteniendo la calidad nutritiva y sensorial de estos alimentos. Uno de los grandes retos que enfrentan los alimentos mínimamente procesados es el poder combinar adecuadamente las nuevas tecnologías a fin de generar productos inocuos, pero que al mismo tiempo garanticen las características sensoriales de frescura que desea el consumidor. El uso de sustancias naturales formando parte del envase ha tomado fuerza como los aceites naturales, los cuales tienen interacciones entre los compuestos fenólicos y algunos componentes de la matriz del alimento como las proteínas y la grasa, teniendo un efecto antimicrobiano en los mismos, al aplicar atmósferas modificadas en estos envases en condiciones de refrigeración se contribuye a mantener las propiedades físicas, fisicoquímicas y de textura en los alimentos mínimamente procesados refrigerados, por ende estas nuevas tecnologías ayudan a tener una vida útil por mayor tiempo y mantener una mejor calidad del alimento.

2.2 Objetivo general y particulares

a) Objetivo general

Establecer el efecto de la aplicación de un recubrimiento de aceite esencial de toronja en un envase combinado con atmósfera activa y pasiva, a través de las propiedades físicas, fisicoquímicas y de textura que determinen la conservación de melón cortado refrigerado.

b) Objetivos particulares

1. Determinar los cambios fisicoquímicos en melón fresco cortados, como repuesta al envasado activo empleando aceite esencial de toronja y la generación de una atmósfera modificada, estableciendo su influencia en el mantenimiento de los parámetros de calidad del producto.
2. Evaluar el efecto de la atmósfera modificada activa y pasiva sobre los cambios en la concentración de O₂ y CO₂ en función a la aplicación de un recubrimiento de aceite esencial de toronja en el envase, relacionándolo con el deterioro del producto durante el almacenamiento refrigerado.
3. Determinar la efectividad del envasado en atmósferas modificadas activas y pasivas de melón cortado, relacionado con la aplicación de aceite esencial de toronja directo al envase, sobre los cambios texturales del producto durante el almacenamiento refrigerado.
4. Determinar la influencia de las condiciones de envasado en atmósfera modificada sobre los cambios en ácido ascórbico y carotenoides totales en la atmósfera activa, pasiva y la aplicación del recubrimiento de aceite esencial de toronja estableciendo el tratamiento que contribuye a la calidad de melón cortado refrigerado.

2.3 Selección de variables

La Tabla 3, muestra las variables seleccionadas para determinar el efecto de las condiciones de envasado en la calidad de melón fresco cortado el cual, a su vez se muestran los niveles de variación y variables de respuesta que fueron determinadas cada tercer día durante la experimentación al cabo de 23 días de experimentación. Se resumen los métodos que se emplearon para evaluar la efectividad de los tratamientos durante el almacenamiento de melón fresco cortado. Cabe mencionar que las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado.

Tabla 3. Niveles de variación.

Factor de variación	Nivel de variación	Variable dependiente	Variable de respuesta	Técnica o instrumento
Recubrimiento	Con recubrimiento	Peso	% de Pérdida de peso	Balanza
		pH	pH	Potenciómetro
	Sin recubrimiento	Textura	Dureza	Texturómetro
			Elasticidad	
Atmósfera modificada	Con atmósfera modificada	Color	Luminosidad	Colorímetro
			Cromaticidad	
			Ángulo de tono	
	Sin atmósfera modificada	Concentración de O ₂ y CO ₂	Velocidad de Producción de CO ₂	Analizador de CO ₂ y O ₂
			Velocidad de consumo de O ₂	
		Grados Brix	Sólidos solubles	Refractómetro
		Absorbancia	Carotenoides totales	Espectrofotómetro
Ácido ascórbico	Vitamina C	Titulación		

La comparación de los tratamientos se realizó mediante un análisis de varianza de dos vías empleando el software MINITAB, considerando un nivel de significancia del 95%. En algunos casos fue necesario realizar una prueba de Tukey realizando una comparación de medias.

2.4 Actividades preliminares

2.4.1 Caracterización de la cámara de refrigeración.

La caracterización de la cámara de refrigeración se realizó para tener el control de las condiciones de almacenamiento del melón cortado, en esta caracterización fueron acondicionadas la temperatura y la humedad relativa de la cámara de refrigeración, haciéndose los ajustes necesarios para obtener una temperatura de $4 \pm 1^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del 95%.

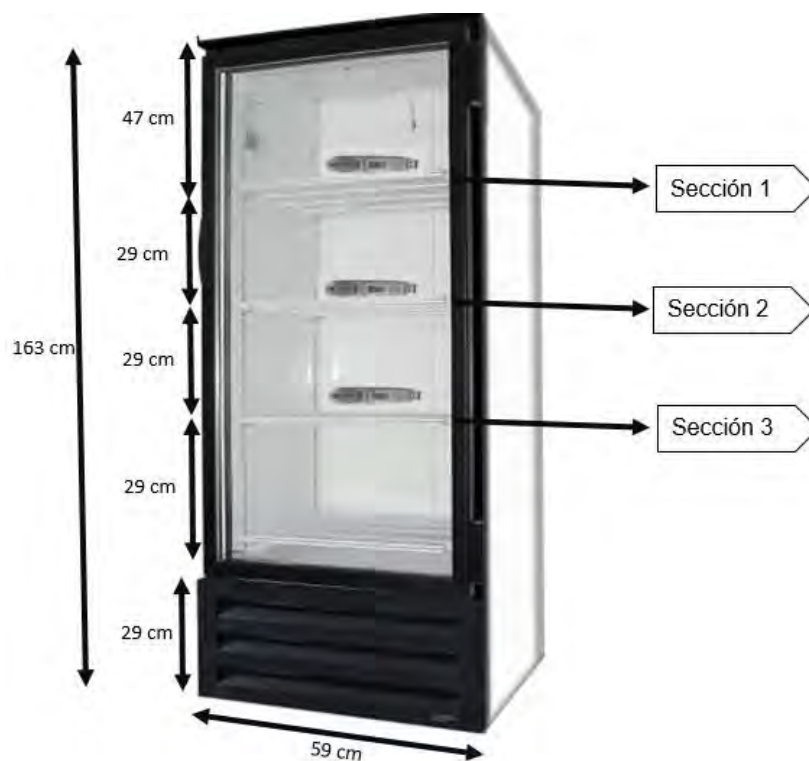


Figura 4. Acomodo de los termohigrómetros en la cámara de refrigeración.

Con la finalidad de conocer las condiciones necesarias de trabajo se monitorearon diferentes secciones de la cámara de refrigeración como se muestra en la Figura 4, colocando un termohigrómetro de la marca *Data Logger Lascar* en cada sección. Registrando así la temperatura de la cámara y la humedad relativa. En esta medición se dejaron los termohigrometros por 24 h. Mostrando las condiciones necesarias para la experimentación en la sección 1 y 3.

2.4.2 Preparación del recubrimiento

El sistema nanopartículado empleado para recubrir la superficie del envase (polietileno de baja densidad) se preparó por el método de emulsificación- evaporación, mezclando en acetato de etilo (fase dispersa) 3.75% de poli-ε-- caprolactona a 60°C, posteriormente se disminuyó la temperatura a 40°C y se agregó 1% de aceite esencial de toronja, la fase continua estuvo constituida por agua y alcohol polivinílico al 5%. La fase dispersa y la fase continua se mezclaron con un agitador de velocidad variable a 2,500 rpm por 5 min. Formándose así el recubrimiento.

2.4.3 Aplicación de recubrimiento a polietileno de baja densidad

Para la aplicación del recubrimiento sobre la película flexible de polietileno de baja densidad se utilizó un compresor marca *Goni*, con una potencia de ¼ HP y una entrega de aire de 70 L/min. Se utilizó un inyector profesional con vaso de la marca *Adir* con un diámetro de boquilla de 0.3 mm y capacidad del vaso de 3 mL.

Una vez aplicado el recubrimiento se formaron 108 envases con medidas de 9 x 18 cm, los que fueron sellados térmicamente en tres caras para formar un envase tipo “*Sachet*”.

2.4.4 Selección de agente reforzador de textura

Se utilizaron dos agentes para mejorar la textura en trozos de melón, lactato de calcio al 3% y el cloruro de calcio al 1%. Se pesaron 50 g de melón en trozos para cada agente y fueron sumergidos por 3 min y escurridos por 2 min. Fueron envasados en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenados a 4°C durante una semana. El agente reforzador que presentó una mejor textura en el melón fue el lactato de calcio.

2.5 Selección de materia prima

Se adquirió un lote de 10 kg de melón (*Cucumis melo*) provenientes de un supermercado localizado en Nicolás Romero, Estado de México. Estos se seleccionaron con base a su tamaño, color, reticulación, libre de daños mecánicos y ataque microbiano aparente, con textura firme.

2.6 Preparación de las muestras

Los melones seleccionados fueron lavados y desinfectados con plata coloidal con una concentración de 1 mL/L, posterior a esto se retiró el epicarpio y las semillas del melón. Se cortó el melón en cubos de aproximadamente 1.5 cm y se sumergieron los cubos en lactato de calcio al 3% por 3 min, como se muestra en la Figura 5 y se dejaron escurrir por 2 min.



Figura 5. Melón sumergido en lactato de calcio (3%) y escurrido por 2 minutos.

2.7 Envasado de melón cortado

Se envasaron 4 lotes, de los cuales 2 lotes fueron sellados en atmósfera pasiva y los otros 2 restantes contenían una atmósfera activa. Aproximadamente se colocaron en cada bolsa 70 ± 1 g de melón cortado. La atmósfera activa estaba conformada por 5% de O₂, 10% de CO₂ y 85% de N₂.

El sellado y la inyección de gases se llevó a cabo en la envasadora de campana marca *Multivac*, modelo A300/16, como se muestra en la Figura 6, a una presión de 100 Bar de entrada de gas.



Figura 6. Sellado e inyección de gases en envasadora de campana Multivac.

Posteriormente fueron colocados los 4 lotes en la cámara de refrigeración acomodados de la siguiente manera:

- En la sección 1 de la cámara de refrigeración (Figura 4) se colocaron 27 envases con recubrimiento en el envase con atmósfera activa con melón cortado (ECRAA), en la parte izquierda y 27 envases con recubrimiento en el envase con atmósfera pasiva con melón cortado (ECRAP), en la parte derecha.
- En la sección 3 de la cámara de refrigeración (Figura 4) se colocaron 27 envases sin recubrimiento en el envase con atmósfera activa con melón cortado (ESRAA), en la parte izquierda y 27 envases sin recubrimiento en el envase con atmósfera pasiva con melón cortado (ESRAP) en la parte izquierda.

2.8 Actividades experimentales

2.8.1 Cantidad de CO₂ y O₂ en el espacio libre de cabeza

La cantidad de CO₂ y O₂ presentes en los envases con melón cortado refrigerado se determinó con un analizador de gases marca QUANTEK modelo 902D (Figura 7), previo al almacenamiento a los envases se les colocó una septa para evitar la salida del gas durante la medición.



Figura 7. Analizador de gases QUANTEK.

2.8.2 Pérdida de peso

Se llevó a cabo por diferencia de peso. Se registró el peso inicial de cada envase con melón cortado antes de ser almacenado y posteriormente cada tercer día se sacaban de almacenamiento y se pesaban con una balanza digital marca Scout Pro, mostrada en la Figura 8. El porcentaje de peso se determinaba con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$



Figura 8. Balanza digital marca Scout Pro.

2.8.3 Evaluación de color

La variación de color se determinó con un agro colorímetro marca *APOLLINAIRE*® como el que se muestra en la Figura 9, el cual da valores de Green, Blue y Red, los cuales fueron transformados a coordenadas L, a y b.



Figura 9. Agro colorímetro marca APOLLINAIRE.

2.8.4 Evaluación de textura

a) Determinación de firmeza

La firmeza del melón durante el tiempo de almacenamiento se determinó empleando un Texturómetro *Brookfield* modelo *CT-3*, con una celda de carga de 25 kg,

empleando una sonda de punción de 3 mm (TA42), la prueba se realizó a una velocidad de 1 mm/s con una carga inicial de 0.07 N, el melón se penetró 5 mm desde la superficie. Los resultados obtenidos en el pico máximo representaron la firmeza del producto y fue expresada en Newtons.

b) Análisis de perfil de textura

Se utilizó un el Texturómetro *Brookfield* modelo *CT-3*, con una celda de carga de 25 kg y el cilindro TA4/100 con un diámetro de 38.1 mm y una longitud de 20 mm.

El equipo utilizado en ambas pruebas (punción y análisis de perfil de textura) se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Texturómetro Brookfield modelo CT-3.

2.8.5 Determinación de grados Brix

Los sólidos solubles se determinaron con un refractómetro digital marca *Hanna* modelo *Hi 96801*.



Figura 11. Refractómetro marca Hanna modelo Hi 96801.

2.8.6 Determinación de pH

La determinación de pH se realizó con un potenciómetro *Hanna* modelo *Hi 755-26*. Se calibró con las soluciones buffer pH 7 y 4, para posteriormente homogeneizar el melón y hacer una evaluación directa.



Figura 12. Potenciómetro Hanna modelo Hi 96801.

2.8.7 Determinación de ácido ascórbico

La determinación de ácido ascórbico en el melón cortado se obtuvo por el método de acidez titulación total volumétrica, empleando 2,6 diclorofenol indofenol y una solución de ácido fosfórico al 3%. Los mL gastados de indicador presentan los mg de ácido ascórbico que contiene la muestra.

$$\text{factor de tinción} = \frac{0.5}{\text{mL gastados}} \quad \text{Ec. 2}$$

Obteniendo con la ecuación 2 los mL gastados por la titulación y posteriormente se prosigue a utilizar la ecuación 3.

La ecuación utilizada para la determinación del porcentaje de ácido ascórbico fue la siguiente:

$$\frac{\text{mg Ác ascórbico}}{100\text{g de muestra}} = \frac{(\text{mL gastado})(\text{factor tincion})(\text{volumen})}{(\text{Alicuota})(\text{Volumen o peso de la muestra})} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

2.8.8 Determinación de carotenoides totales

Para la cuantificación de carotenoides totales se realizó una extracción con 3 mL de acetona con 0.5 g de melón homogeneizado, el cual se agitó por 20 min para posteriormente agregar 3 mL de hexano y agitar por 10 min. Después de este tiempo se centrifugó la mezcla acetona-hexano-melón por 20 min a 6000 rpm. Se extrajo el sobrenadante y se colocó en cada celda del espectrofotómetro marca Genesys modelo 10S UV-Vis, se midió la absorbancia a 446 nm.

La ecuación de la recta utilizada para conocer la cantidad de carotenoides totales fue la siguiente:

$$Y = 0.2297075X = \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\frac{\text{mg de carotenoides totales}}{100\text{g de muestra}} = \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right) \left(\frac{\text{mL de muestra}}{\text{g de muestra}}\right) \quad \text{Ec. 5}$$



Figura 13. Espectrofotómetro marca Genesis modelo 10S UV-Vis.

2.8.9 Evaluación sensorial

El análisis de las propiedades organolépticas se llevó a cabo mediante evaluación sensorial empleando una prueba descriptiva con escala hedónica, en la cual se evalúan varias muestras de los diferentes lotes con el fin de conocer el lote con las mejores propiedades organolépticas. Se juzgaron los atributos del melón cortado refrigerado considerando la textura, el color, olor y sabor. Cada muestra fue calificada por un jurado conformado por 10 integrantes a través de una encuesta la cual se muestra en la Figura 14.

Nombre: _____
 Fecha: _____
INSTRUCCIONES

Observe y pruebe cada producto. Indicando el grado que le gusta o disgusta en cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje de la categoría que sea de su preferencia, escribiendo el puntaje de las cuatro muestras.

Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	me disgusta mucho	5	me gusta levemente
2	me disgusta moderadamente	6	me gusta moderadamente
3	me disgusta levemente	7	me gusta mucho
4	no me gusta ni me disgusta		

CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA

Figura 14. Encuesta Hedónica para la evaluación sensorial.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Caracterización de la cámara de refrigeración

Las Figuras 15 y 16 muestran los cambios de temperatura y humedad relativa en la sección 1 y 3 de la cámara de refrigeración evaluados 24 h, observándose que la temperatura mínima es de 1°C y la máxima de 6°C, dando un valor promedio de 3.5°C el cual se encuentra en el intervalo para la conservación de melón. De igual forma la humedad relativa 75.5% a 95%, obteniendo 80% de promedio, el cual se encuentra dentro de las condiciones necesarias para disminuir el riesgo de pérdida de humedad debido a la diferencia de presión de vapor entre el producto-envase-ambiente.

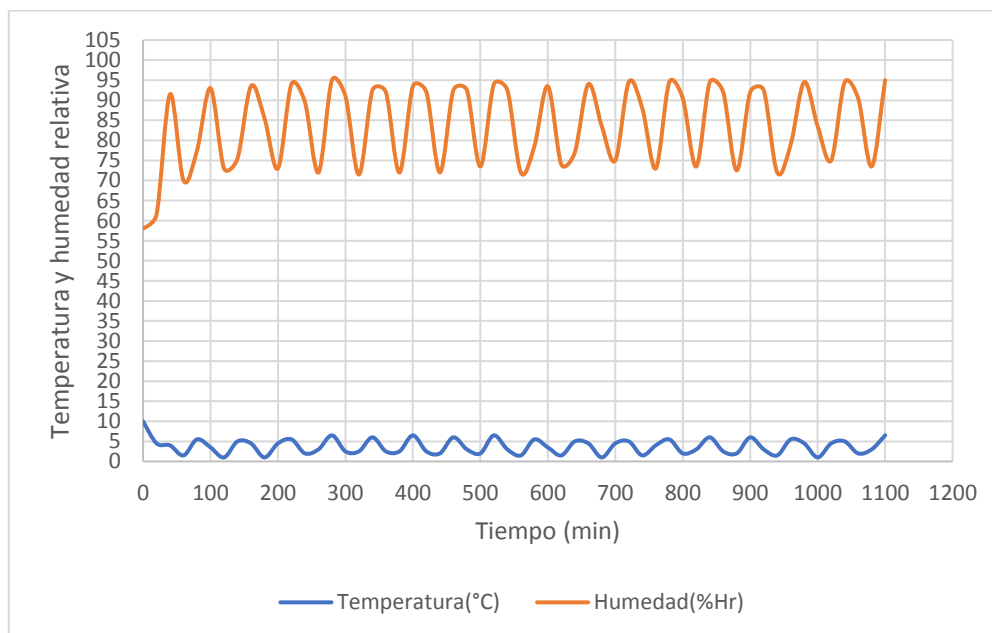


Figura 15. Temperatura y humedad relativa en la sección 1 de la cámara de refrigeración.

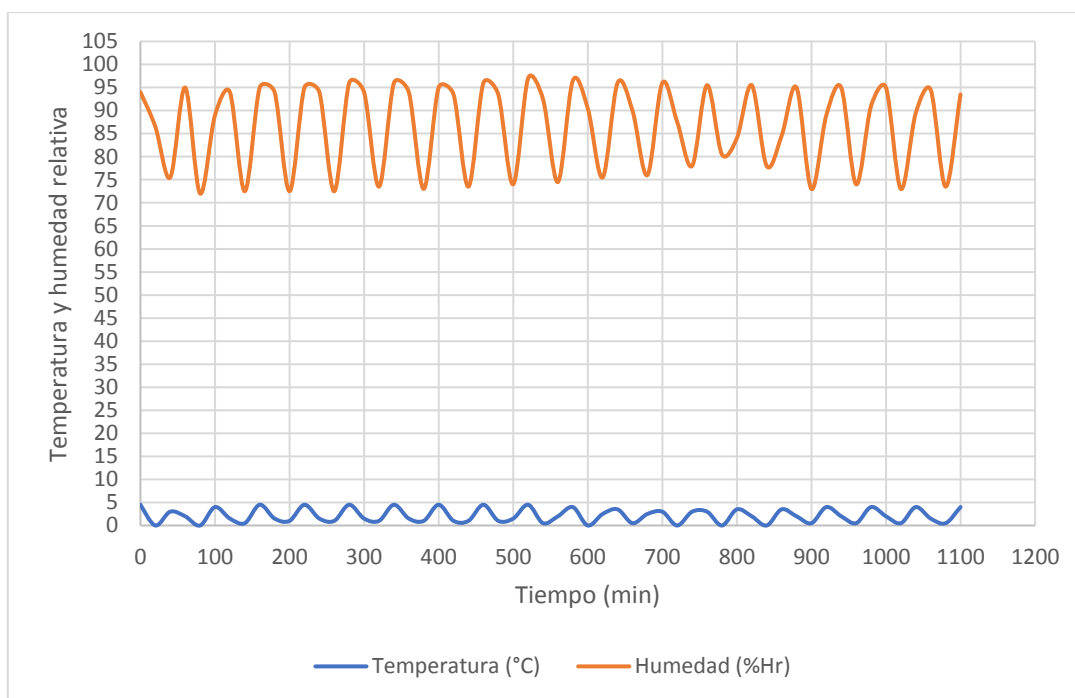


Figura 16. Temperatura y humedad relativa en la sección 3 de la cámara de refrigeración.

3.2 Resultados de actividades experimentales

3.2.1 Cantidad de CO₂ y O₂ en el espacio libre de cabeza

La Figura 17 muestra la variación de CO₂ durante el almacenamiento de melón en los 4 tratamientos utilizados, el contenido de CO₂ fue en aumento respecto al tiempo en comparación al tratamiento utilizado. Las muestras con mayor contenido de CO₂ fueron las de ESRAP (la cual es la muestra control en la experimentación), y la muestra de ESRAA. En la Figura 17 el aumento de CO₂ en el tratamiento de ESRAP empezó a partir del día 16 y hasta el día 21, en el día 23 hay una disminución del CO₂ y esto se debe a un error experimental ya que el comportamiento de la mayoría de los lotes siempre fue en forma ascendente, por otra parte, los tratamientos en los cual se encuentra almacenado el melón en un envase activo la concentración de CO₂ fue menor en comparación a los tratamientos que no se encontraban en un

envase activo. El aumento de CO₂ está relacionado con el estrés tisular causado por operaciones mínimas de procesamiento, como corte, y pelado. Un comportamiento similar se verificó en otros trabajos con manzanas mínimamente procesadas (Lee *et al.*, 2003) y papayas (Tapia *et al.*, 2008).

Por otra parte, al modificar la atmósfera en el tratamiento de ESRAA y aumentar a 10% el contenido de CO₂ provocó un aumento de CO₂ en los días posteriores al almacenamiento, de igual forma en el tratamiento de ESRAP al no contar con algún tratamiento de atmósfera modificada y no estar en un envase activo la concentración de CO₂ va en aumento por la propia respiración del alimento lo cual provoca una disminución de O₂ y aumento de CO₂ conforme pasan los días de almacenamiento.

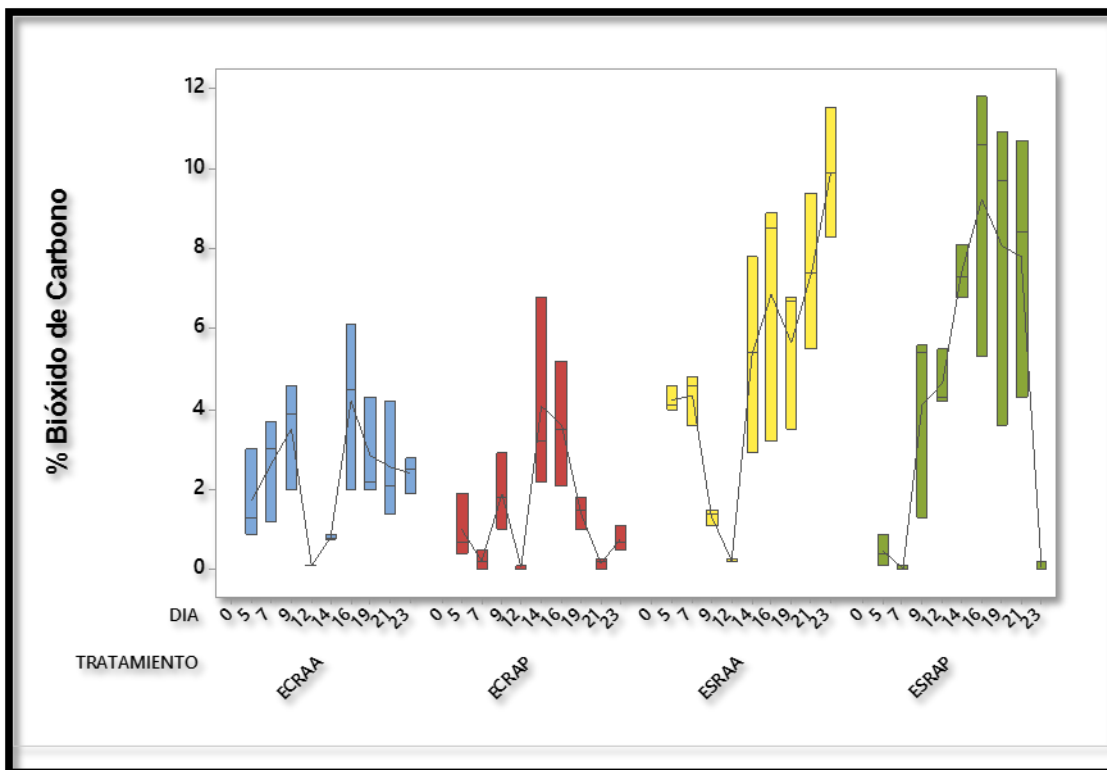


Figura 17. Producción de CO₂ en el espacio libre de cabeza.

En la Figura 18 se muestra el comportamiento de O₂ observándose que existió diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) tanto en los días de

almacenamiento como en el tratamiento utilizado. Ha excepción del tratamiento de ESRAA y ESRAP, los demás tratamientos tuvieron un aumento en el contenido de O_2 presente en el espacio libre de cabeza. Esto se debe a que el tratamiento de ECRAA y ECRAP contiene recubrimiento en el envase y de acuerdo con Rojas-Graü *et al.*, (2008), los recubrimientos en envases pueden crear una modificación de la atmósfera interna debido a la película semipermeable formada en la superficie del producto, reduciendo el oxígeno disponible para el tejido vegetal. También al aplicar lactato de calcio como agente modificador de textura en los melones cortados, provocó una modificación en la respiración del alimento ya que penetró a la membrana celular y con esto del alimento.

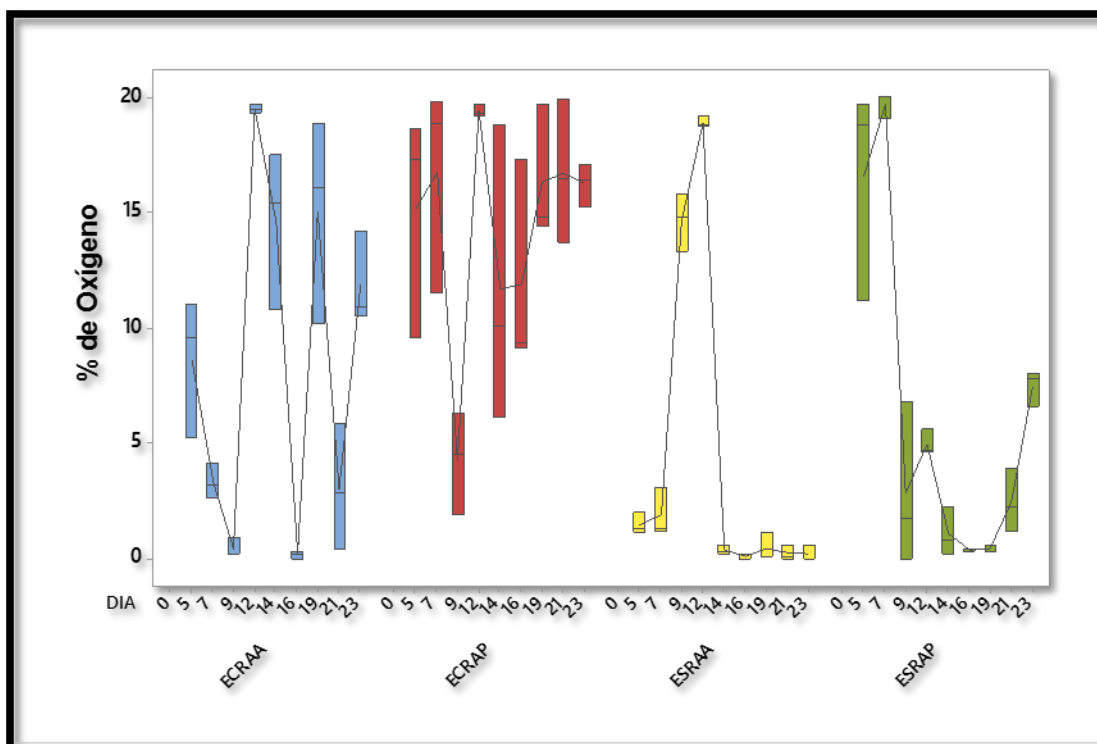


Figura 18. Producción de O_2 en el espacio libre de cabeza.

De acuerdo con Serrano *et al.*, (2004) y Moraga *et al.*, (2009), el fortalecimiento de la pared celular debido a la adición de sal de calcio durante el procesamiento

permite la formación de una película homogénea alrededor de la superficie de la fruta, reduciendo la tasa de respiración de la fruta. Además, el calcio juega un papel en la defensa del estrés osmótico intracelular restringiendo el transporte de agua a través de la membrana plasmática, ya que este ion actúa en la regulación de algunas proteínas, como las acuaporinas. Estas proteínas están involucradas en el transporte activo de agua, que ocurre con el consumo de ATP. El bloqueo de acuaporinas por Ca^{2+} disminuye el flujo de agua a través de las células, aumentando la concentración de ATP. Por lo tanto, la acumulación de ATP dentro de las células da como resultado la reducción de la respiración de las muestras de melón recubiertas.

3.2.2 Pérdida de peso

La pérdida de peso es un parámetro importante para la evaluación de la vida útil de la fruta mínimamente procesada. Los tejidos vegetales frescos tienden a perder humedad y, por lo tanto, pierden peso cuando se almacenan a temperaturas fijas y en un ambiente con una presión de vapor de agua relativamente baja (Liplap *et al.*, 2013). Además, el corte de la fruta aumenta la producción de etileno inducida por la herida, la actividad del agua y el área de superficie por unidad de volumen que conduce a la pérdida de agua (Waghmare y Annapure, 2013).

En la Figura 19, se muestra la pérdida de peso del melón bajo las diferentes condiciones, observándose que no existió diferencia estadísticamente significativa ($p \geq 0.05$) para los diferentes tratamientos hasta los 18 días de almacenamiento, esto se atribuye al potencial efecto protector ejercido por el envase y que evitó la pérdida acelerada de agua. Sin embargo, es importante mencionar que las muestras en envases sin recubrimiento y en atmósfera pasiva (ESRAP) tuvieron un cambio que fue del 2 al 8.5% después de transcurrido este tiempo, además, aunque en menor porcentaje las muestras en envases sin recubrimiento en atmósfera activa (ESRAA) aceleraron también su pérdida de peso, aunque a menor velocidad que las de atmósfera pasiva siendo al final del almacenamiento de 3.25%. Esto está

relacionado con la pérdida de agua como resultado de la respiración y la transpiración por evaporación del agua superficial y también por el estrés de la herida durante las operaciones de procesamiento mínimas.

Los envases con recubrimiento con aceite esencial de toronja lograron disminuir la pérdida de peso, atribuido esto a las propiedades reportadas para el aceite esencial de toronja, el cual sirve como una barrera para controlar el intercambio del vapor de agua (Martínez-Romero *et al.*, 2003). La pérdida de agua se asocia a la pérdida de apariencia y elasticidad del producto con pérdida de turgencia y por ende pérdida de firmeza del producto.

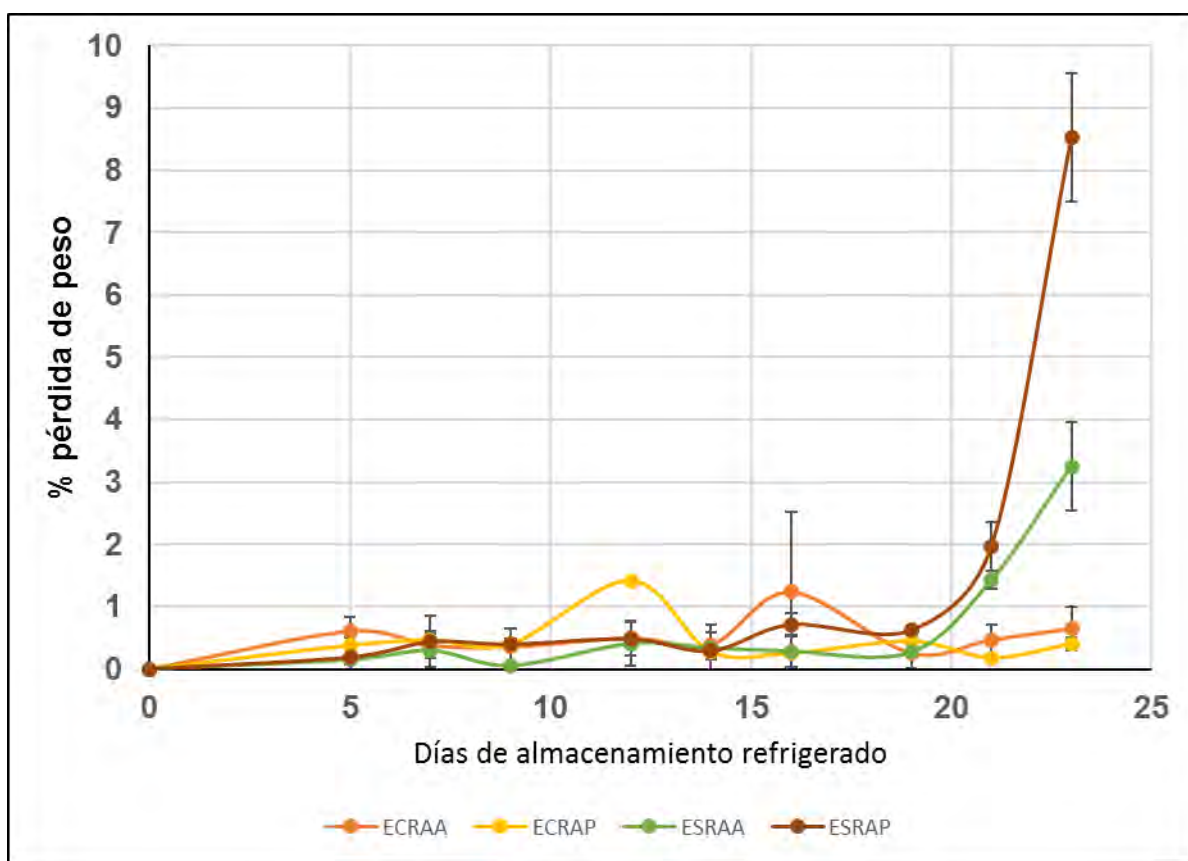


Figura 19. Determinación de peso en los 4 tratamientos utilizados en el melón cortado.

De acuerdo con Lamikanra y Watson (2004), las sales de calcio son eficientes en el mantenimiento de la integridad celular debido al entrecruzamiento de iones de calcio

y moléculas de pectina de la pared celular de la fruta, mostrando una gran influencia en la reducción de la pérdida de peso de las frutas mínimamente procesadas. Además, a temperaturas por debajo de los 4°C, estas interacciones intermoleculares son más fuertes, formando una capa protectora que permanece intacta durante el almacenamiento. Por lo tanto, la posible formación de una barrera contra la humedad alrededor de la superficie del melón debido a la acción combinada de lactato de calcio, recubrimiento de aceite esencial en el envase y el almacenamiento refrigerado probablemente impidió la deshidratación de la muestra a lo largo del tiempo.

3.2.3 Evaluación de color

Uno de los atributos más importantes de las frutas y verduras mínimamente procesadas es el color (Kays, 1999).

El color es una función de la luz que impacta sobre el producto, el reflejo diferencial de ciertas longitudes de onda y la percepción visual de esas longitudes de onda. Los colores percibidos se deben a la presencia de pigmentos dentro del producto. Cuando vemos una manzana roja, el color rojo se debe a la absorción por los pigmentos de todas las otras longitudes de onda en el espectro visible, excepto la región roja, que se refleja en el producto. Los pigmentos vegetales se pueden separar en cuatro clases principales en función de su química: clorofilas, carotenoides, flavonoides y betalainas. Hay pigmentos adicionales (por ejemplo, quinonas, fenalonas) que generalmente son de menor importancia. Además del complemento normal de pigmentos en frutas y verduras, se forman pigmentos durante las reacciones de decoloración (Kays, 1999).

A) Luminosidad

La escala de luminosidad va del 0 al 100%, donde 0% representa un color negro u oscuro y el 100% un color blanco o claro.



Figura 20. Escala de Luminosidad (Gallego y Sanz, 2001).

En la Figura 21 se observan los cambios de luminosidad asociados al tipo de envase y la generación de una atmósfera modificada en melón cortado almacenado en refrigeración, resaltando que las muestras en envase con recubrimiento independientemente de la atmósfera generada en el envase, fueron las que presentaron menor variación en la luminosidad, mostrando que las disminuciones mostradas hasta el día 12-16 corresponden al oscurecimiento del producto y el incremento en los valores después de transcurrido este tiempo y hacia el final del almacenamiento son debidas a la ruptura de las estructuras celulares que propiciaron la expulsión de agua y por ende un incremento en estos valores de luminosidad, siendo importante resaltar que las muestras envasadas sin recubrimiento independientemente si tuvieron o no atmósfera activa, mostraron una mayor velocidad de cambio de luminosidad inicialmente por lo que se atribuye a un oscurecimiento acelerado del melón, para una vez transcurrido este tiempo tener un efecto de aumento en este parámetro debido a la ruptura de las estructuras celulares.

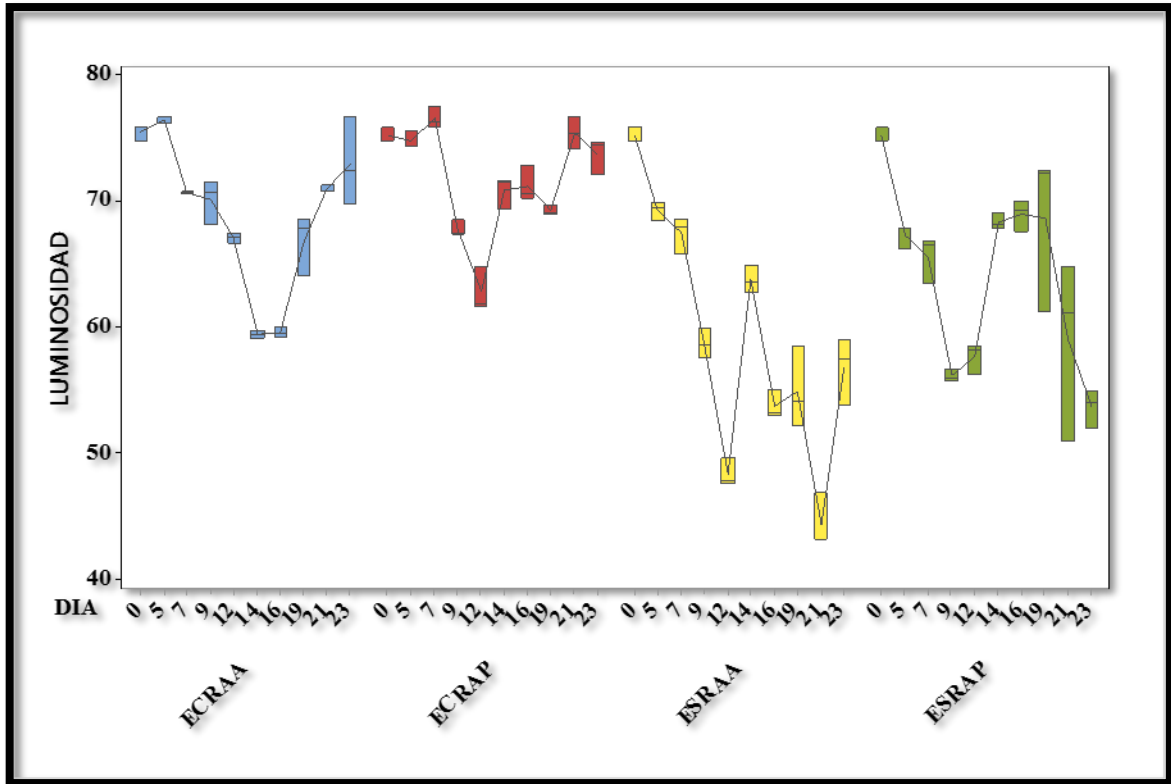


Figura 21. Luminosidad en los 4 tratamientos de conservación de melón cortado.

B) Cromaticidad

El croma o cromaticidad (C^*), considerado el atributo cuantitativo del color, se usa para determinar el grado de diferencia de un matiz en comparación con un color gris con la misma claridad. Cuanto más altos son los valores de croma, mayor es la intensidad de color de las muestras percibidas por los humanos.

La Figura 22 muestra el comportamiento de la cromaticidad en los 23 días de almacenamiento refrigerado, indicando que no hay una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en los 4 tratamientos aplicados ya que los valores se mantuvieron en el mismo rango de 36 a 46 en todos los tratamientos. Sin embargo, si hubo un ligero cambio de cromaticidad al pasar de los días en el tratamiento de ESRAP ya que hubo una disminución de la cromaticidad en los últimos días de almacenamiento. Esto se debe a que al no tener un envase activo ni modificación de la atmósfera y por la naturaleza del alimento, pudo empezar un oscurecimiento

enzimático en el melón a causa del tiempo de almacenamiento (González-Aguilar *et al.*, 2001).

Por otra parte, en los tratamientos de ECRAA y ECRAP hubo un ligero cambio en la cromaticidad del melón y esto se debe a la al recubrimiento de aceite esencial de toronja el cual probablemente alentó el deterioro del tejido del melón. También al no haber una pérdida de líquido en estos tratamientos ayudó a mantener el color característico del melón (Sanchita *et al.*, 2017).

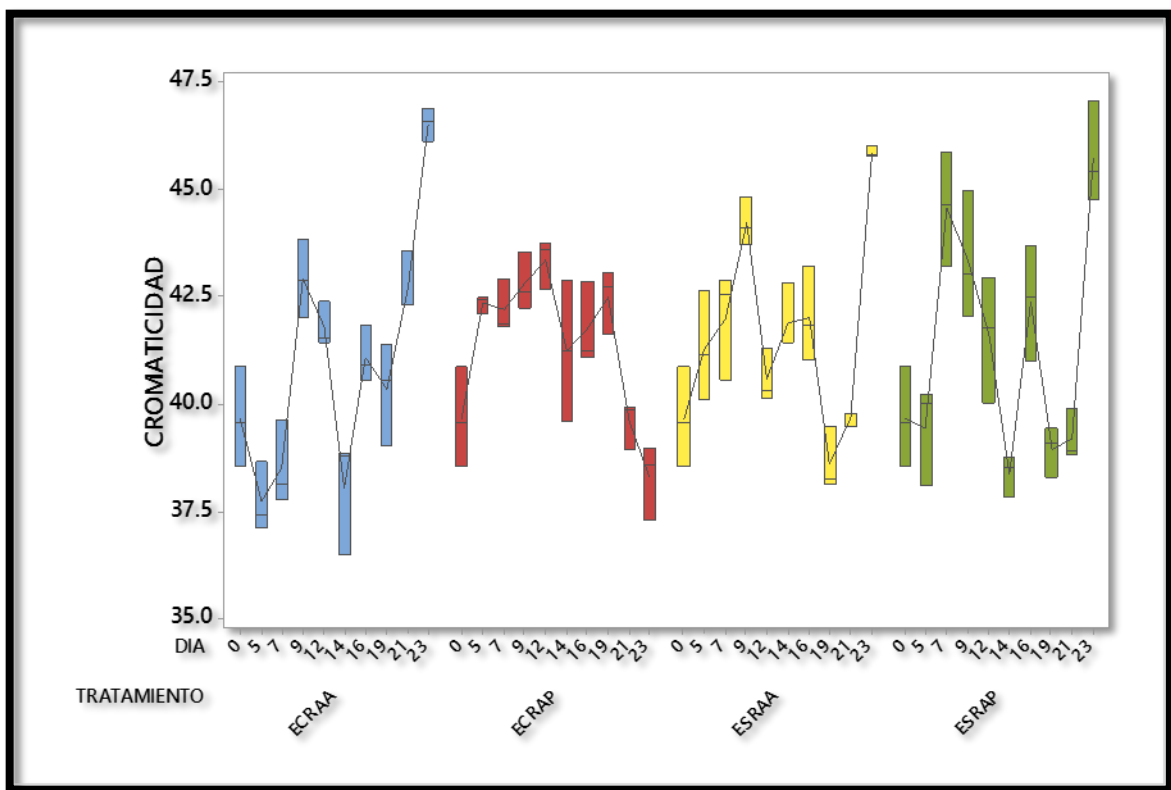


Figura 22. Cromaticidad en los 4 tratamientos de conservación de melón cortado.

c) Ángulo de tono

El ángulo de tono (h^*), es el atributo según el cual los colores se han definido tradicionalmente como rojizo, verdoso, etc., y se usa para definir la diferencia de un cierto color con referencia al color gris con la misma ligereza Este atributo se

relaciona con las diferencias en la absorbancia a diferentes longitudes de onda. Un ángulo de matiz más alto representa un carácter amarillo menor.

En la Figura 23 se observa que para el tratamiento de ECRAA y ESRAA no hubo un cambio estadísticamente significativo ($p < 0.05$), ya que los valores de ángulo de tono se mantuvieron entre 64 y 76 y esto se debe a la senescencia de la fruta a causa de la modificación de la atmósfera dentro del envase. Al aumentar la concentración de CO_2 hace que la respiración del melón sea más lenta y por ende el melón se mantenga con sus propiedades de un producto fresco por mayor tiempo.

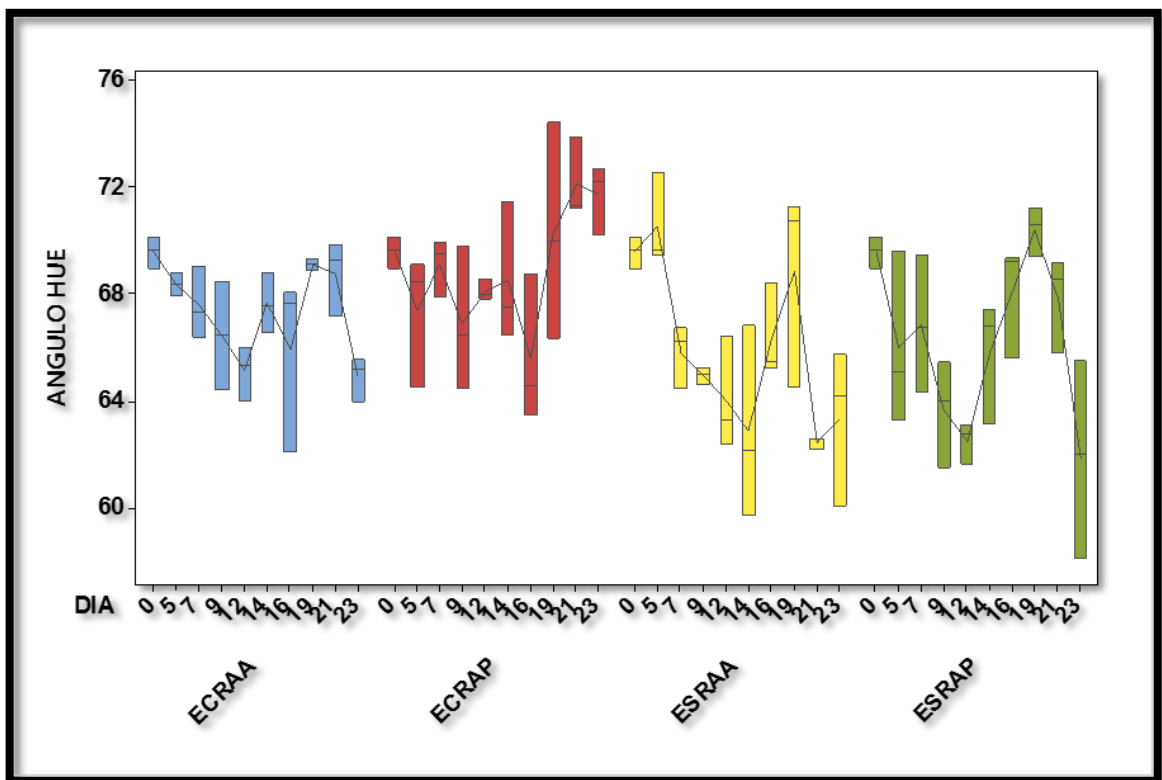


Figura 23. Ángulo de tono en los 4 tratamientos de conservación de melón cortado.

En el tratamiento de ESRAP al haber un cambio estadísticamente significativo ($p < 0.059$) es debido al inicio de un oscurecimiento enzimático el cual causó la disminución del color a causa del tiempo en el cual estuvo en almacenamiento el melón.

3.2.4 Determinación de pH

En la Tabla 4, se muestra el comportamiento del pH en función a las condiciones de envasado y tiempo de almacenamiento. El pH se mantuvo durante 9 días de almacenamiento en datos similares sin importar el tratamiento aplicado, sin embargo, a partir del día 12 hubo una disminución en los tratamientos de ESRAA y ESRAP, como se observa en la Tabla 4 hubo una variación tanto en el tiempo de almacenamiento como en los tratamientos utilizados, es decir, en el melón el cual no fue almacenado en un envase activo empezó a disminuir el pH conforme iba transcurriendo el tiempo de almacenamiento.

La disminución de pH en los tratamientos de ESRAA y ESRAP se atribuye por una parte al alto contenido de CO_2 , principalmente en las muestras en las cual no hubo una modificación en la atmósfera, lo cual provoca una disminución del pH tanto extra como intracelular, interfiriendo con el metabolismo de las células (Dixon y Kell, 1989). Por otra parte, los cambios de pH están relacionados con la senescencia de la fruta, aunque también al no tener el envase el recubrimiento de aceite esencial de toronja se esté llevando a cabo el crecimiento de microorganismos en el melón lo cual está provocando que se acidifique el producto. Durante la senescencia, el contenido de ácido de la fruta disminuye ya que los ácidos son sustratos importantes para el metabolismo respiratorio. Cuanto mayor sea la respiración metabólica, mayor será la disminución de la acidez de la fruta y viceversa.

El uso de lactato de calcio antes de envasar el melón en los diferentes tratamientos fue de suma importancia para mantener un pH similar al producto fresco en las muestras de ECRAA y ECRAP ya que al brindar una mayor rigidez entre el calcio y

la pectina del melón ayudó a mantener a la membrana celular en su estado inicial por un mayor tiempo previniendo el ablandamiento del mismo.

Tabla 4. Cambios de pH durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

Tiempo (días)	ECRAA	ECRAP	ESRAA	ESRAP
0	6.22 ± 0.00 ^{a,a}	6.22 ± 0.00 ^{a,a}	6.22 ± 0.00 ^{a,a}	6.22 ± 0.00 ^{a,a}
5	6.11 ± 0.21 ^{a,a}	6.30 ± 0.21 ^{a,a}	6.32 ± 0.22 ^{a,a}	6.40 ± 0.06 ^{a,a}
7	6.35 ± 0.28 ^{a,a}	6.26 ± 0.20 ^{a,a}	6.42 ± 0.06 ^{b,b}	6.52 ± 0.27 ^{a,a}
9	6.45 ± 0.23 ^{a,a}	6.40 ± 0.16 ^{a,a}	6.56 ± 0.03 ^{c,b}	6.67 ± 0.16 ^{c,b}
12	6.51 ± 0.09 ^{b,a}	6.53 ± 0.05 ^{b,a}	6.51 ± 0.14 ^{a,a}	5.61 ± 0.19 ^{d,c}
14	6.22 ± 0.04 ^{a,a}	6.47 ± 0.07 ^{b,b}	5.98 ± 0.39 ^{b,c}	4.97 ± 0.23 ^{e,d}
16	6.47 ± 0.10 ^{b,a}	6.34 ± 0.27 ^{a,a}	5.70 ± 0.28 ^{b,b}	5.18 ± 0.34 ^{e,c}
19	6.37 ± 0.12 ^{a,a}	6.29 ± 0.03 ^{a,a}	5.96 ± 0.29 ^{b,b}	4.86 ± 0.04 ^{f,c}
21	6.39 ± 0.06 ^{a,a}	6.03 ± 0.24 ^{a,b}	5.34 ± 0.51 ^{c,c}	4.49 ± 0.07 ^{g,d}
23	6.59 ± 0.03 ^{b,a}	6.34 ± 0.08 ^{a,b}	5.03 ± 0.42 ^{c,d}	4.56 ± 0.03 ^{g,e}

Letras diferentes a la izquierda representan diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$) respecto al tiempo de almacenamiento, letras diferentes a la derecha muestran diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) entre los lotes.

3.2.5 Determinación de °Brix

La alta concentración de sólidos solubles es un determinante principal de la calidad de la fruta en el melón (Yamaguchi *et al.*, 1977), ya que el dulzor es un factor primario en la aceptabilidad general del melón. La dulzura de la fruta está altamente relacionada con la concentración de sólidos solubles (Lester, 2006). Existe una relación directa entre el contenido de sólidos solubles y la maduración de los frutos (Crane, 1964).

En la Tabla 5 se muestran los resultados en °Brix en función al tiempo de almacenamiento y tratamiento, observándose que hubo un cambio

estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en el tratamiento, como en el transcurso de los días. Hay un aumento en el contenido de sólidos solubles en todos los tratamientos aplicados, pero donde es más representativo este cambio es en el tratamiento de ESRAA y el tratamiento de ESRAP, los cuales fueron aumentaron de 7.07 a 10.33 mientras que el tratamiento de ESRAP fue de 7.1 a 9.33 respectivamente.

De acuerdo con Zhang *et al.*, (2014) el 97% de sólidos solubles totales en el fruto de melón son azúcares solubles, de los cuales el 50% es sacarosa la cual empieza aumentar con el paso del tiempo. Es por lo que en el tratamiento de ESRAP al no contar con aceite esencial de toronja y modificación de la atmósfera en el envase, la maduración del melón se llevó de manera normal.

En el tratamiento de ESRAA el aumento de del contenido de sólidos solubles se debió a la disminución de la degradación de los azuceres por la aplicación de atmósferas modificadas la cual causó una disminución en la respiración del alimento.

Bashir y Abu-Goukh (2003), mencionaron que el azúcar total de guayaba aumentó con la madurez debido a la hidrólisis de almidón a azúcares y la tasa más alta de aumento del azúcar total se produjo en la etapa de máxima maduración climatérica; después de este efecto, el aumento del azúcar total se atribuyó al aumento de la actividad de las enzimas responsables de la hidrólisis del almidón y al descenso en la tasa de degradación del azúcar por la respiración.

Por otra parte, en los tratamientos de ECRAA y ECRAP al contener aceite esencial de toronja en el envase provocó una interacción entre los componentes del aceite y la membrana celular afectando la ruta metabólica de la fruta y la senescencia (Perdones *et al.*, 2012).

Tabla 5. Comportamiento de los sólidos solubles por efecto de los tratamientos aplicados y su variación estándar.

Tiempo (días)	ECRAA	ECRAP	ESRAA	ESRAP
0	8.90 ± 0.00 ^{a,a}	8.42 ± 0.65 ^{a,a}	8.32 ± 0.43 ^{a,a}	8.15 ± 0.45 ^{a,a}
5	8.77 ± 0.85 ^{a,a}	7.47 ± 0.67 ^{b,b}	7.07 ± 0.21 ^{b,b}	7.10 ± 0.36 ^{b,b}
7	8.93 ± 0.25 ^{a,a}	7.53 ± 0.12 ^{b,b}	9.00 ± 0.61 ^{a,a}	7.83 ± 0.25 ^{b,a}
9	9.13 ± 0.57 ^{a,a}	7.47 ± 0.06 ^{b,b}	9.93 ± 0.90 ^{a,a}	8.57 ± 0.32 ^{a,a}
12	9.07 ± 0.85 ^{a,a}	7.30 ± 0.26 ^{b,b}	9.20 ± 0.61 ^{a,a}	6.57 ± 0.32 ^{c,c}
14	9.03 ± 1.10 ^{a,a}	7.37 ± 0.40 ^{b,b}	9.47 ± 0.06 ^{a,a}	7.77 ± 1.57 ^{b,a}
16	9.40 ± 0.70 ^{a,a}	7.17 ± 0.64 ^{b,b}	8.60 ± 0.95 ^{a,a}	7.30 ± 0.20 ^{c,b}
19	9.43 ± 1.78 ^{a,a}	7.37 ± 0.32 ^{b,b}	9.67 ± 0.76 ^{a,a}	6.97 ± 0.86 ^{c,c}
21	9.21 ± 0.09 ^{a,a}	7.20 ± 0.17 ^{b,b}	9.77 ± 1.61 ^{a,a}	7.23 ± 1.45 ^{b,c}
23	9.50 ± 1.22 ^{a,a}	7.33 ± 0.51 ^{b,b}	9.8 ± 1.22 ^{a,a}	7.67 ± 0.32 ^{b,b}

Letras diferentes a la izquierda representan diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$) respecto al tiempo de almacenamiento, letras diferentes a la derecha muestran diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) entre los lotes.

3.2.6 Determinación de ácido ascórbico

El contenido inicial de ácido ascórbico del melón fue de 33.3 mg de ácido ascórbico en 100 g de muestra, el cual fue disminuyendo de forma considerable en el tratamiento de ESRAP, como se muestra en la Figura 24. Estos cambios se observaron principalmente en los días 21 y 23 de almacenamiento. Al realizar el análisis estadístico se comprobó que hubo un cambio estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en el tratamiento y en los días de almacenamiento.

Estos cambios se debieron a que el tratamiento de ESRAP, al pasar de los días el contenido de O₂ disminuyó y hubo una variación en el metabolismo del melón lo cual pudo haber provocado el inicio de la fermentación. De igual al contener un bajo pH pudo haber una degradación del ácido ascórbico (Romero, 2013).

Resultados similares han sido reportados en papaya por Ali *et al.*, (2011), que descubrieron que la atmósfera modificada creada por el recubrimiento de quitosano ralentizaba la síntesis de ácido ascórbico, pero no alteraba la capacidad de la fruta para sintetizar ácido ascórbico. La disminución de la pérdida de vitamina C en fresas tratadas con recubrimientos comestibles se atribuye a la desaceleración de la tasa de respiración de la fruta, que afecta el recubrimiento, lo que retrasó la reacción de oxidación de la vitamina C (Atress *et al.*, 2010).

El uso de un recubrimiento en el material de envasado reduce la degradación del ácido ascórbico en los tratamientos de ECRAA y ECRAP ya que sirvió para reducir la difusión de O₂. También se debe al estado de madurez de los melones utilizados, ya que al no adquirir melones con el mismo estado de madurez pudo ser un factor importante en la degradación o no del ácido ascórbico.

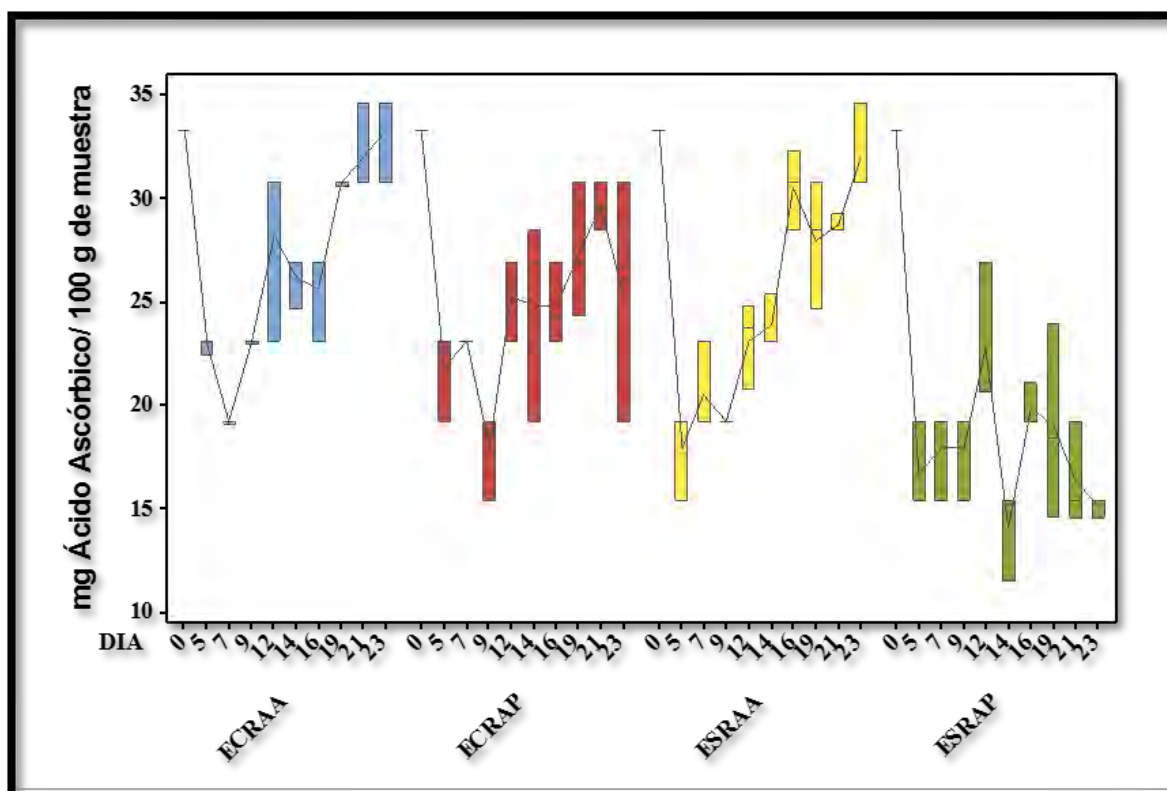


Figura 24. Cambios de ácido ascórbico durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

Gol *et al.*, (2011). informaron que el uso de recubrimientos en alimentos puede reducir la difusión de O₂ y ralentizar la tasa de respiración, lo que retrasa la reacción de oxidación la cual provoca el deterioro del ácido ascórbico de la fruta.

3.2.7 Determinación de carotenoides totales

La Figura 25 presenta la variación de la concentración de carotenoides totales presentes en el melón a lo largo de 23 días de almacenamiento. Los carotenoides son hidrocarburos liposolubles altamente insaturados derivados del isopreno, cuya característica distintiva es un sistema de dobles enlaces conjugados que constituye el grupo cromóforo, responsable de la capacidad de absorción de energía en el espectro visible. Esta insaturación es la causa principal de la oxidación y degradación que pueden sufrir estas sustancias (Rodríguez, 1999).

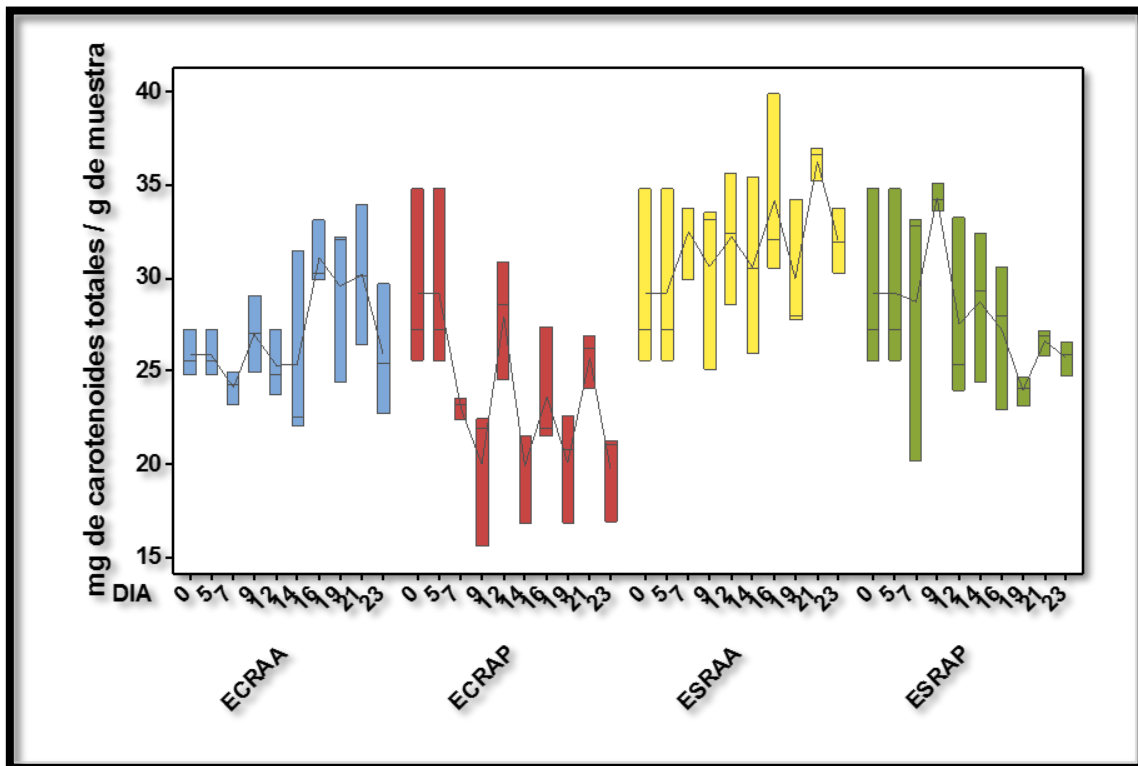


Figura 25. Cambios de carotenoides totales durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

La disminución de carotenoides totales en el tratamiento de ESRAP como se observa en la Figura 25, se debe al contenido de oxígeno presente en el espacio libre de cabeza el cual al estar presente en una mayor proporción empezó a degradar a los carotenoides conforme pasados los días de almacenamiento.

Al realizar el análisis estadístico se observó que no hay un cambio estadísticamente representativo ($p > 0.05$) en el transcurso de los días, sin embargo, si lo hubo en el tratamiento aplicado. Perira *et al.*, (2004) estudiaron los cambios de color en guayabas con atmósferas modificadas y observaron que la baja concentración de oxígeno evita la degradación de carotenoides, los cuales son los responsables de dar un color característicos a los diferentes alimentos. Con lo dicho con anterioridad al modificar la atmósfera dentro del envase donde se encontraban los melones ayudó a que los carotenoides se mantuvieran en buenas condiciones en el almacenamiento del melón.

3.2.8 Evaluación de firmeza

La firmeza representa un parámetro importante a determinar en las frutas ya que esta tiene que ver con la turgencia e integridad celular, confiriéndole al producto propiedades de aceptación para el consumidor, razón por la cual esta determinación es considerada en la evaluación del mantenimiento de la calidad de alimentos, particularmente los frutos cortados que durante el corte presentan rompimiento celular que acelera su deterioro.

La Figura 26 representa los cambios en la firmeza del melón durante el almacenamiento de 23 días. Observándose que las muestras en envase con recubrimiento independientemente si tenían o no atmósfera modificada fueron las que tuvieron menor variación con una pérdida de este parámetro de 16.9% durante los primeros 9 días para las muestras con atmósfera modificada activa, disminuyendo hasta en un 54% a los 23 días de almacenamiento e indicativo de que la muestra no tuvo pérdida de líquido drenado debiéndose esto al efecto de deterioro dado por la interacción entre las enzimas y el producto y de 6.49% a los 16 días para melón en envase con recubrimiento y atmósfera pasiva, mostrando un

ligero incremento en la firmeza del 18% y esto es atribuido a la pérdida de líquido y encogimiento del tejido. En cuanto a las muestras en envases sin recubrimientos se observa que la pérdida de firmeza fue mayor con un 60% al final del almacenamiento para aquellas con atmósfera modificada activa y de un 56.54% a los 12 días de almacenamiento para muestras en atmósferas modificadas pasivas, destacando que después de transcurrido el tiempo, estas últimas muestras tuvieron un aumento de la firmeza del 14% respecto a la condición inicial atribuido principalmente a la pérdida de humedad lo que provoca acortamiento del tejido.

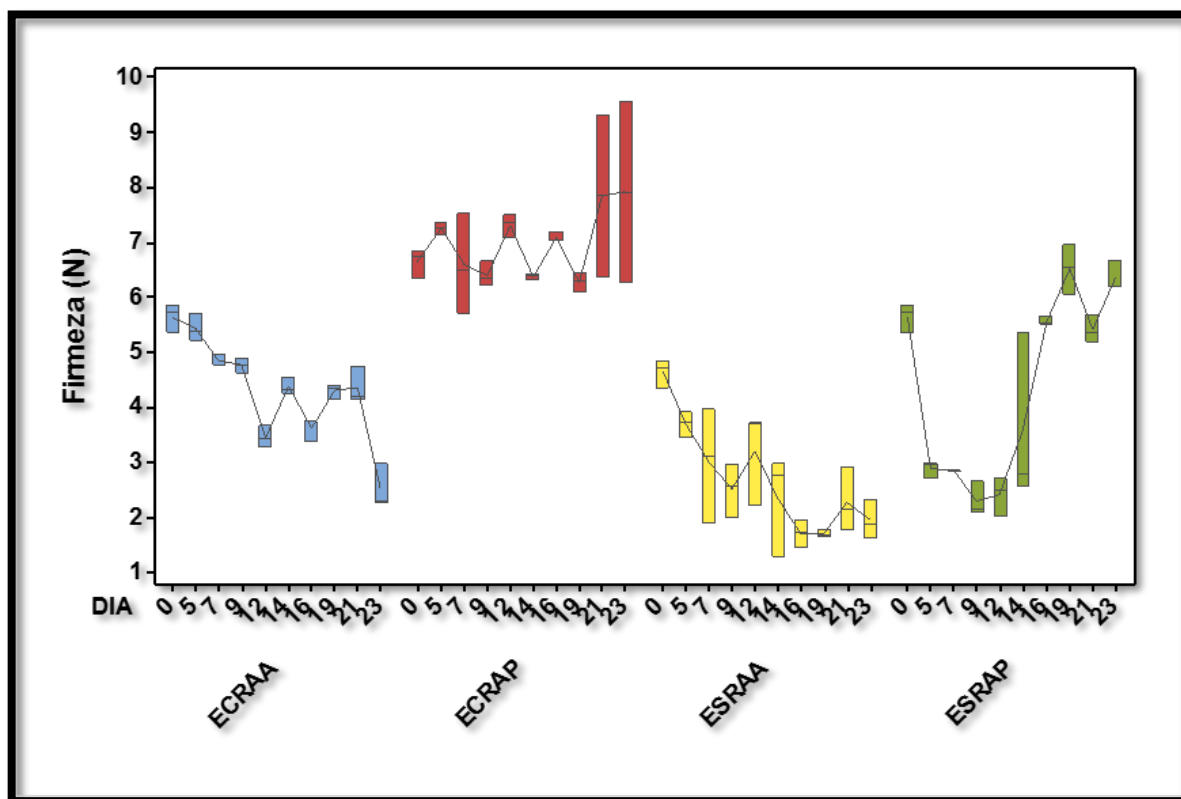


Figura 26. Comportamiento de la firmeza (N) durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

Olivas *et al.*, (2007) informaron que el uso de sales de calcio mantuvo la textura de las rodajas de manzana recubiertas con soluciones de alginato, evitando la

solubilización y despolimerización de las sustancias de pectina responsables del ablandamiento de los tejidos. De acuerdo con Maftoonazad *et al.*, (2008) la pérdida de firmeza puede asociarse con la degradación de los componentes responsables de la rigidez estructural de la fruta, principalmente pectina insoluble y protopectina. Durante la maduración, aumentan las actividades de pectinesterasa y poligalacturonasa, lo que provoca la solubilización de sustancias pépticas.

3.2.9 Análisis de perfil de textura

a) Cambios de dureza

La Figura 27, representa los cambios de dureza por compresión en el primer ciclo, observándose que la menor variación en relación con la resistencia a la compresión expresado en N fue para aquellas muestras en envases con recubrimiento de aceite esencial de toronja, el resto de las muestras mostraron un incremento en la dureza a la compresión después de transcurridos 5 días de almacenamiento.

Se puede apreciar un aumento de la firmeza con el paso de los días en el tratamiento de ECRAP y ESRP y esto se atribuye a la adición de lactato de calcio antes de la aplicación del envasado del melón. Los iones de calcio reaccionan con la pectina de la pared celular para formar el pectato de calcio, que fortalece la unión molecular entre los constituyentes de la pared celular, reforzando la estructura celular de la fruta. Este efecto reafirmante proporcionado por las sales de calcio se ha observado en varias frutas recubiertas recién cortadas, como el plátano (Bico *et al.*, 2009), la manzana (Qi *et al.*, 2011) y la papaya (Tapia *et al.*, 2008).

El rápido ablandamiento del melón recién cortado es un factor limitante importante de su vida útil, ya que la ruptura inevitable de la pared celular al cortar la fruta libera enzimas pectinolíticas que se difunden al interior del tejido y catalizan la descomposición de las pectinas (Toivonen y Brummell, 2008). Esto comprometió la integridad estructural del melón recién cortado. Además, el aumento en la producción de etileno inducida por la herida promueve la actividad de la

poligalacturonasa (PG), que cataliza la despolimerización de la pectina, debilitando aún más las estructuras de la pared celular (Karakurt y Huber, 2003).

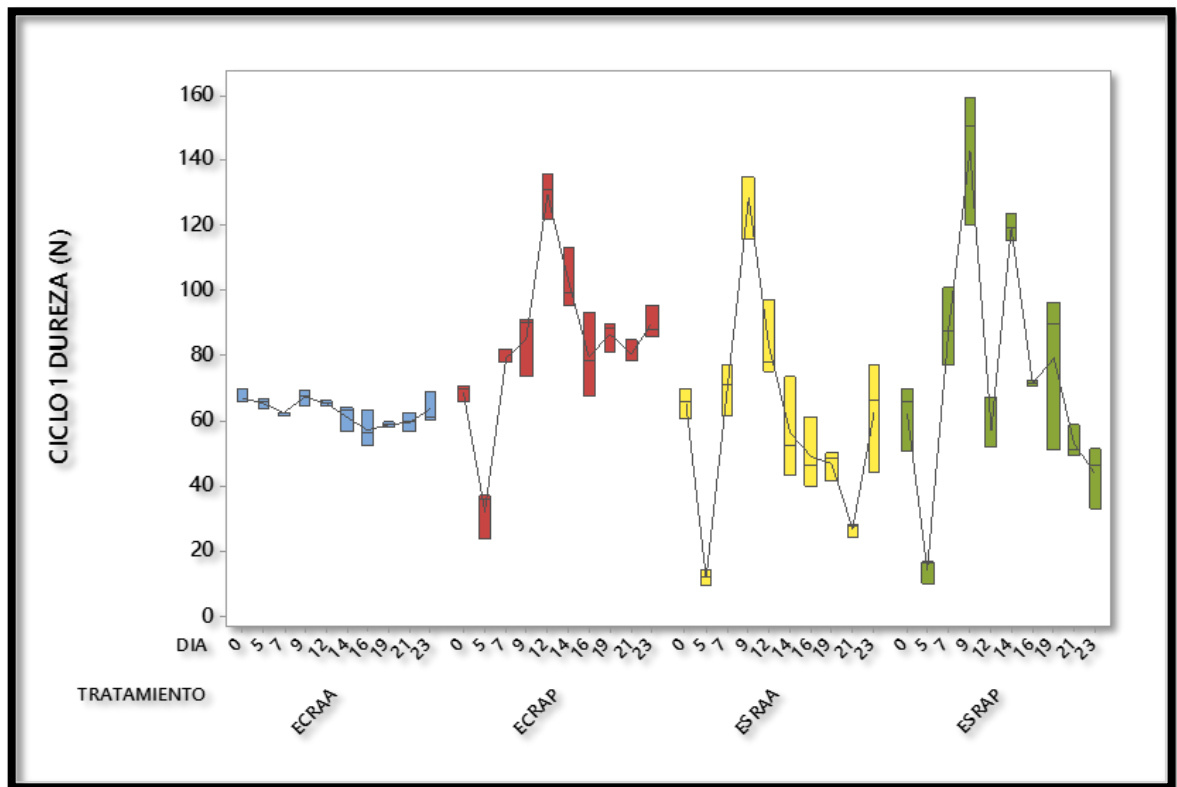


Figura 27. Comportamiento de la dureza (N) en el primer ciclo durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

En la Figura 28 se observa los cambios de dureza en el segundo ciclo de compresión, el tratamiento que obtuvo una menor variación de dureza fue el de ECRAA, el cual contenía una atmósfera modificada y el melón estaba en un envase activo. También el uso de lactato de calcio fue fundamental para obtener una mayor dureza por mayor tiempo. El análisis estadístico indicó una diferencia significativa ($p < 0.05$) en el tratamiento utilizado, así como en los días de almacenamiento, tanto para el ciclo 1 como en el ciclo 2 de la prueba de APT.

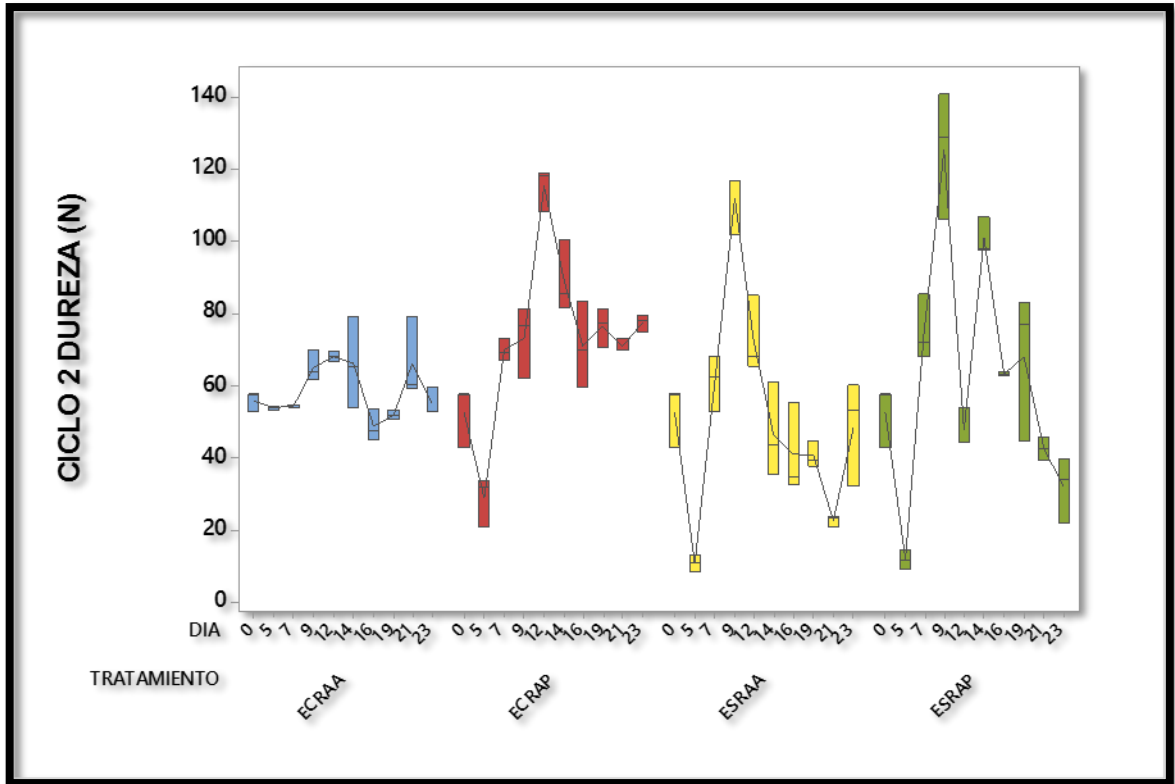


Figura 28. Comportamiento de la dureza (N) en el segundo ciclo durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

b) Cambios de elasticidad

La elasticidad mide la capacidad de la muestra para recuperarse después de la deformación.

Al realizar el análisis estadístico se demuestra que no hubo un cambio estadísticamente significativo ($p > 0.05$) en el tratamiento utilizado y de acuerdo con la Figura 29 podemos confirmar esto, sin embargo, si hubo un cambio estadístico al transcurso de los días de almacenamiento. La pérdida de elasticidad con el tiempo se debió más al reblandecimiento de la fruta con el tiempo de almacenamiento. El tratamiento que mantuvo la elasticidad por mayor tiempo fue el de ECRAA y el de ECRAP, y esto se atribuye al uso del aceite esencial de toronja en el envase, el cual permitió conservar las características iniciales del melón por mayor tiempo en

comparación a los tratamientos que no tenían aceite esencial de toronja en el envase.

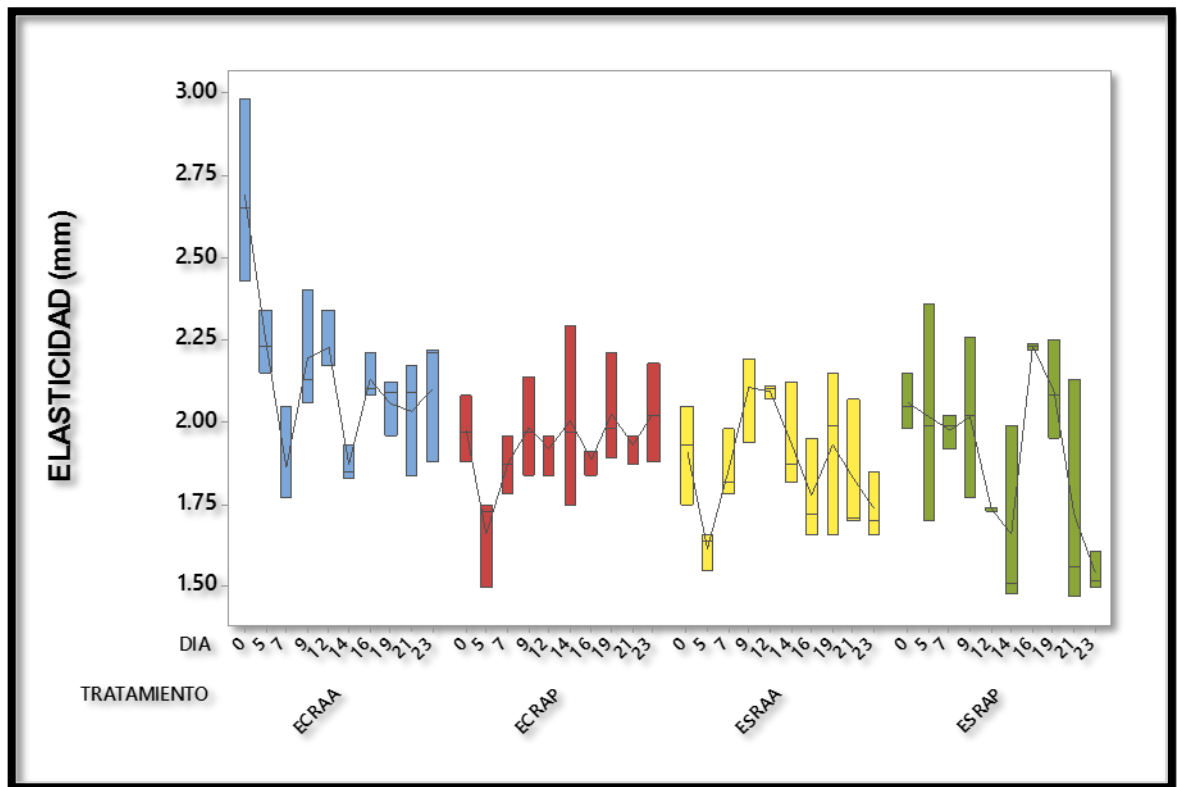


Figura 29. Comportamiento de la elasticidad (mm) en el primer ciclo durante el almacenamiento de melón cortado refrigerado.

3.2.10 Evaluación sensorial

La calidad sensorial de los alimentos mínimamente procesados es de suma importancia ya que, de acuerdo con su color, olor, sabor y textura dependerá si el consumidor los sigue adquiriendo o no. Los alimentos mínimamente procesados tienen el objetivo de a pesar de transcurrir un largo tiempo de conservación en condiciones de refrigeración, se mantengan sus atributos de un alimento reciente cosechado o bien mantenga sus propiedades de un alimento fresco. Por ello las pruebas hedónicas que se realizan a los alimentos ayudaran a saber si el melón cortado refrigerado con sus diferentes tratamientos es aceptable o no y poder así

conocer el tratamiento en el cual prevalezcan los atributos de un alimento fresco aun transcurriendo varias semanas de conservación.

El jurado que evaluó los diferentes lotes del melón cortado estuvo conformado por 10 personas las cuales evaluaron el sabor, olor, color y la textura por un tiempo de 4 semanas, en cada semana se evaluaba el melón en una escala del 1 al 7 donde el 1 indicaba que el alimento le disgustaba mucho y el 7 indicaba que el alimento le gustaba mucho. Obteniendo así los valores que se muestran en la Figura 30.

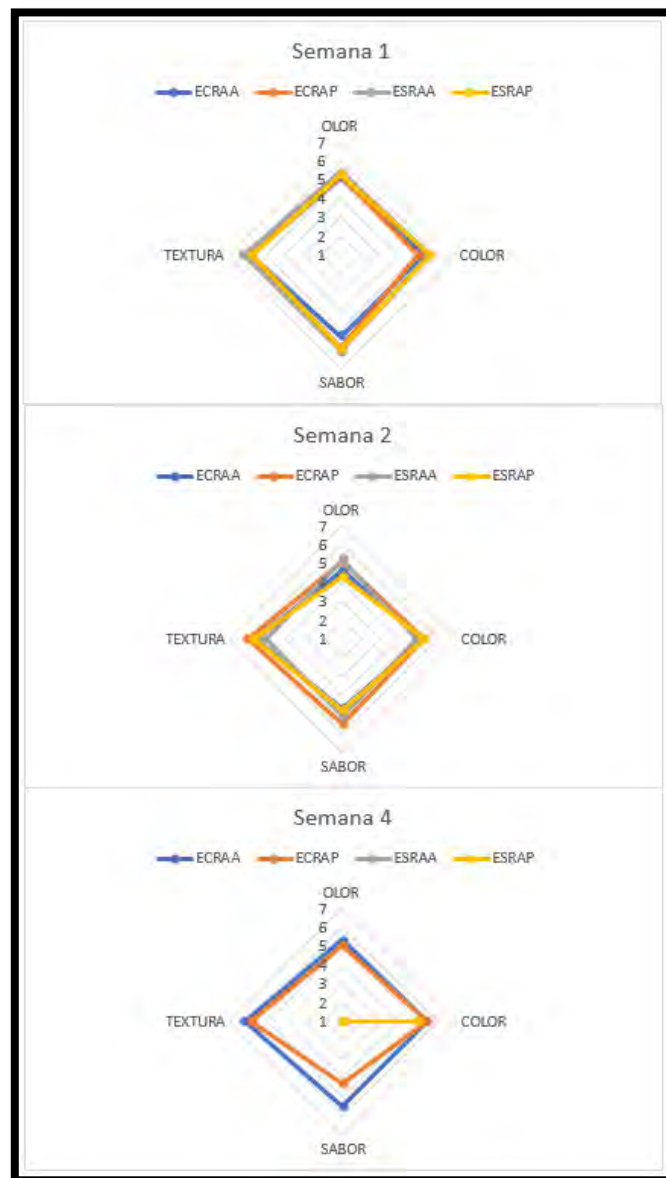


Figura 30: Análisis de la evaluación sensorial.

Los valores de la Figura 30 muestran que hubo una aceptación en los cuatro tratamientos utilizados en las primeras dos semanas de almacenamiento, es decir, se mantuvieron los atributos del color, olor, sabor y textura del melón. Sin embargo, en la semana 4 los tratamientos en los cuales no se aplicó un recubrimiento en el envase ya no fueron aptos para el consumo, ya que presentaban un olor ácido y por ende ya no fueron probados los trozos de melón presentes en estas muestras.

Con estos resultados se observa que el uso del aceite esencial de toronja en el envase ayudó a conservar las propiedades del melón aunado también con la aplicación de una atmósfera modificada. El aceite esencial controló el crecimiento de microorganismos los cuales son los encargados de darle un sabor ácido a las frutas en su mayoría de veces y la atmósfera modificada dentro del envase permitió una reducción en la respiración del alimento logrando así una textura y color agradable para el consumidor ya que la atmósfera no permitió la liberación del líquido propio del alimento

CONCLUSIONES

El uso de tecnologías emergentes para la conservación de alimentos mínimamente procesados como las atmósferas modificadas y los envases activos son una gran alternativa para la conservación de alimentos, ya que ayudan a conservar los parámetros nutrimentales, sensoriales y de calidad de los alimentos. De igual forma ayudan a reducir e incluso a eliminar el uso de químicos para prolongar la conservación de los alimentos.

De acuerdo con los resultados se puede concluir que la combinación de una atmósfera activa dentro de un envase activo y con un material de envase adecuado como lo fue el polietileno de baja densidad, ayuda a conservar al melón cortado en condiciones de refrigeración, un mayor tiempo en comparación a un envasado en el cual no se le aplica ningún tratamiento o bien alguna tecnología emergente.

Al combinar estas tecnologías emergentes como son el envase activo y las atmósferas modificadas ayudaron a conservar los cambios fisicoquímicos en el melón por un tiempo de 23 días y el cual seguía preservando los parámetros de calidad de un producto fresco. De igual forma al contener aceite esencial de toronja el envase ayudó a controlar la respiración del alimento y aunado a que se modificó la concentración de gases en el envase, retardó la degradación de nutrientes del melón y así retardando el deterioro de este.

Al aplicar lactato de calcio y las tecnologías emergentes permitió conservar la textura del melón por un periodo largo ya que la firmeza, dureza y elasticidad del melón se mantuvieron con valores similares al día cero, por un periodo de 23 días.

Por último, el aceite esencial de toronja fue de suma importancia para conservar los nutrientes del melón ya que no permitió una degradación de estos y se observó en el ácido ascórbico el cual no tuvo cambios significativos.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas microbiológicas para comprobar la efectividad del aceite esencial de toronja, ya que al no realizar un monitoreo microbiológico es posible que no se hayan observado algunas alteraciones causadas por microorganismos y que pudieran afectar al alimento.
- Utilizar diferentes frutos para comprobar la efectividad de los tratamientos aplicados.
- Considerar costos de producción para concluir si es factible la aplicación de nuevas tecnologías a los alimentos mínimamente procesados, en este caso en el melón.
- Realizar pruebas de vacío en los envases utilizados para verificar que no haya alguna fuga que pueda alterar el alimento y de igual forma comprobar que el sellado aplicado este realizado de manera correcta para así evitar la salida y/o entrada de gases que dañen el alimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Able, AJ. Wong, LS. Prasad, A. O'Hare, TJ. (2005). The physiology of senescence in detached pak choy leaves (*Brassica rapa* var. *chinensis*) during storage at different temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 35: 271-278.
- Ali, A. Muhammad, MTM. Sijam, K. Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry* 124: 620-626.
- Anon. (1988). IVöme gamme. Quaiite-hygiäne ä l'ordre du jour. *Agro-industries* 42: 107-108.
- Atress, ASH. El-Mogy, MM. Aboul-Anean, HE. Alsaniu, BW. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 2: 88-97.
- Ayala-Zavala, JF. González-Aguilar, GA. Del-Toro-Sanchez, L. (2009). Enhancing safety and aroma appealing of fresh-cut fruits and vegetables using the antimicrobial and aromatic power of essential oils. *Journal of Food Science* 74: 84-91.
- Bashir y Abu-Goukh. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry* 80: 557-563.
- Beaulieu, JC. Gorny, JR. (2001). Fresh-cut fruits. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66: 1-49.
- Bernard, WJ. (1987). Produce packaging to avoid anaerobiosis and prolong quality shelf-life 87. Schotland business Research Inc., Princeton. New jersey, USA: 255-263.
- Bico, SLS. Raposo, MFJ. Morais, RMSC. Morais, AMMB. (2009). Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control* 20: 508-514.
- Bouwmeester, H. Dekkers, S. Noordam, MY. Hagens, WI. Bulder, AS. De Heer, C. Ten Voorde, SE. Wijnhoven, SW. Marvin, HJ. Sips, AJ. (2009). Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 53: 52-62.
- Brecht, JK. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience* 30:18-22.

- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology* 94: 223-253.
- Buta, JG. Moline, HE. Spaulding, DW. Wang, CY. (1999). Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 1-6.
- Carrillo-Lopez, A. Cruz-Hernandez, A. Carabez-Trejo, A. Guevara-Lara, F. Paredes-Lopez, O. (2002). Hydrolytic activity and ultrastructural changes in fruit skins from two prickly pear (*Opuntia* sp.) varieties during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 1681.
- Coles, R. McDowell, D. Kirwan, M. (2004). Manual del envasado de alimentos y bebidas 10. Madrid, España: AMV.
- Crane, JC. (1964). Growth substances in fruit setting and development. *Plant Physiology* 15: 303-236.
- Cruz-Hernández, A. Paredes-López, O. (2011). Fruit quality: new insights for biotechnology. *Food Science and Nutrition* 52: 272-89.
- Day, BPF. (1996). High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. *Postharvest News and Information* 3: 1N-34N.
- Day, BPF. (1998). Optimization of parameters for modified atmosphere packaging of fresh fruit and vegetables 88, Schotland business Research Inc., Princeton. New jersey, USA: 147-170.
- Dea, S. Ghidelli, C. Pérez-Gago, MB. Plotto, A. (2011). Coatings for minimally processed fruits and vegetables. *Edible coatings and films to improve food quality*. Boca Raton: 244-276.
- Dixon, NM. Kell, DB. (1989). The inhibition of CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms. *Journal of Applied Bacteriology* 67: 109-136.
- Duncan, TV. (2011). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science* 363: 1-24.
- Ergun, M. (2006). Fresh-cut physiology and factors contributing to the quality of fresh-cut produce. *Journal of Engineering Science* 9: 164-169.
- Fonseca, SC. Oliveira, FAR. Brecht, JK. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. *Journal of Food Engineering* 52: 99-119.

- Gallego, R. Sanz, JC. (2001). Diccionario Akal del color. Akal. Especificación: 365.
- Garcia, E. Barrett, DM. (2002). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. Fresh-cut fruits and vegetables. *Science, technology, and market*. Boca Raton: 267-304.
- Garcia, E. Barrett, DM. (2004). Fresh-cut fruits. Processing fruits: *Science and technology*. Boca Raton: 53-69.
- García-Morato, M. (1981): Ensayo sobre control de posibles enfermedades de cuello-raíz en melón. S.E.A. Información técnica: 9
- Ghanbarzadeh, B. Oromiehi, AR. (2008). Biodegradable biocomposite films based on whey protein and zein: Barrier, mechanical properties and AFM analysis. *International Journal of Biological Macromolecules* 43: 209-215.
- Gimenez, M. Olarte, C. Sanz, S. Lomas, JF. Ayala, F. (2003). Influence of packaging films on the sensory and microbiological evolution of minimally processed borage (*Borrigo officinalis*). *Journal of Food Science* 68: 1051-1057.
- Gol, NB. Rao, TVR. (2011). Banana fruit ripening as influenced by edible coatings. *Journal of Fruit Science* 11: 119-135.
- González-Aguilar, GA. Ayala-Zavala, J. Olivas, G. De la Rosa, L. Álvarez-Parrilla, E. (2010). Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 5: 65-72.
- González-Aguilar, GA. Wang, CY. Buta, JG. (2001). Methyl jasmonate reduces chilling symptoms and enhances colour development of 'Kent' mangoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 1244-1249.
- Gorris, L. Tauscher, B. (1999). Quality and safety aspects of novel minimal processing technology. Processing of foods: Quality optimization and process assessment. *CRC Press*: 325-339.
- Hadfield, KA. Dang, T. Guis, M. Pech, J. Bouzayen, M. Bennett, AB. (2000). Characterization of ripening-regulated cDNAs and their expression in ethylene-suppressed Charentais melon fruit. *Plant Physiology* 122: 977-84.
- Hasegawa, RD. Bennett, Z. Herman, CH. Fong, P. (1989). Limonoid glucosides in calamondin seeds. *Phytochemistry* 28: 1717.

- Jacxsens, F. Devlieghere, P. Falcató, J. (1999). Behavior of *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas* spp. on Fresh-Cut Produce Packaged under Equilibrium-Modified Atmosphere. *Journal of Food Protection* 62: 1128-1135.
- Kader, AA. Zagory, D. Kerbel, EL. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Food Science and Nutrition* 28: 1-30.
- Karakurt, Y. Huber, DJ. (2002). Cell wall-degrading enzymes and pectin solubility and depolymerization in immature and ripe watermelon (*Citrullis lanatus*) fruit in response to exogenous ethylene. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 116: 398-405.
- Karakurt, Y. Huber, DJ. (2003). Activities of several membrane and cell-wall hydrolyses, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 28: 219-229.
- Kays, SJ. (1999). Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology* 15: 233-247.
- Kemp, TR. Knavel, DE. Stoltz, LP. Undin, RE. (1974). 3,6-Nonadiene-1-ol from *Citrullus vulgaris* and *Cucumis melo*. *Phytochemistry* 13: 1167-1170.
- King, AD Jr. Bolin, HR. (1989). Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43:132-135.
- Krochta, JM. (2002). Proteins as raw materials for films and coatings: Definitions, current status and opportunities. Protein-based films and coatings. Boca Raton: 21-61.
- Lamikanra, O. Watson, MA. (2004). Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. *Journal of Food Science* 69: 468-472.
- Lee, JY. Park, H.J. Lee, CY. Choi, WY. (2003). Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Food Science and Technology* 36: 323-329.
- Lester, G. (2006). Consumer preference quality attributes of melon fruits. *International Postharvest Science* 712: 175-182.
- Liolios, CC. Gortzi, O. Lalas, S. Tsaknis, J. Chinou, I. (2009). Liposomal incorporation of carvacrol and thymol isolated from the essential oil of *Origanum dictamnus* L. and in vitro antimicrobial activity. *Food Chemistry* 112: 77-83.

- Liplap, P. Vigneaulta, C. Toivonenc, P. Charles, MT. Raghavana, GSV. (2013). Effect of hyperbaric pressure and temperature on respiration rates and quality attributes of tomato. *Postharvest Biology and Technology* 86: 240-248.
- Lund, BM. (1992). Ecosystems in vegetable foods. *Journal of Applied Bacteriology* 73:115-126.
- Maftoonazad, N. Ramaswamy, HS. Marcotte, M. (2008). Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology* 43: 951-957.
- Mahajan, PV. Oliveira, FAR. Montanez, JC. Frias, J. (2007). Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 84-92.
- Martin-Diana, AB. Rico, D. Frias, JM. Barat, JM. Henehan, GTM. Barry-Ryan, C. (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables. *Food Science and Technology* 18: 210-218.
- Martínez-Romero, D. Guillén, F. Castillo, S. Valero, D. Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grape. *Journal of Food Science* 68: 1838-1843.
- Mastromatteo, M. Danza, A. Conte, A. Muratore, G. Del Nobile, MA. (2010). Shelf life of ready to use peeled shrimps as affected by thymol essential oil and modified atmosphere packaging. *Journal of Food Microbiology* 144: 250-256.
- Mehyar, G. Han, J. (2011). Active packaging for fresh-cut fruits and vegetables. Modified atmosphere packaging for fresh-cut fruits and vegetables. *Journal of Food Science* 62: 267-283.
- Mihindukulasuriya, SDF. LIM, LT: (2014). Nanotechnology development in food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology* 40: 149-167.
- Miller, AR. (1992). Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* 3: 53N-58N.
- Moll, HM. (1969). El melón. Economía, producción, Comercialización. España: Acribia.

- Moraga, MJ. Moraga, G. Fito, PJ. Martínez-Navarrete, N. (2009). Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit. *Journal of Food Engineering* 90: 372-379.
- Naffakh. M. Díez-Pascual, AM. Marco, C. Ellis, GJ. Gómez-Fatou, MA. (2013). Opportunities and challenges in the use of inorganic fullerene-like nanoparticles to produce advanced polymer nanocomposites. *Progress in Polymer Science* 38: 1163-1231.
- Nishiyama, K. Guis, M. Rose, JKC. Kubo, Y. Bennett, KA. Lu, WJ. (2007). Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:1281-90.
- Olivas, GI. Mattinson, DS. Barbosa-Cánovas, GV. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology* 45: 89-96.
- Ortega-Rivas, E. (2012). Classification of food processing and preservation operations. Non-thermal food engineering operations. *Springer*, New York: 3-10.
- Otero, V. Becerril, R. Santos, JA. Rodríguez-Calleja, JM. Nerín, C. García-López, ML. (2014). Evaluation of two antimicrobial packaging films against *Escherichia coli* O157: H7 strains invitro and during storage of a Spanish ripened sheep cheese (Zamorano). *Food Control* 42: 296-302.
- Ozdemir, M. Floros, JD. (2004). Active food packaging technologies. *Food Science and Nutrition* 44:185-193.
- Parkin, KL. Marangoni, A. Jackman, RL. Yada, RY. Stanley, DW. (1989). Chilling injury: a review of possible mechanisms. *Food Biochemistry* 13: 127-153.
- Parry, RT. (1993). *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada* 6. Madrid, España: 133-134.
- Pati, S. Losito, I. Palmisano, F. Zambonin, PG. (2006). Characterization of caffeic acid enzymatic oxidation by-products by liquid chromatography coupled to electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography* 1102: 184-192.
- Paviath, AE. Orts, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how? Edible films and coatings for food applications. *Springer Science*: 1-24.

- Perdones, L. Sanchez-Gonzalez, A. Chiralt, M. Vargas. (2012). Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology* 70: 32-41.
- Perera, CO. (2007). Minimal processing of fruits and vegetables. *Handbook of food preservation*. Boca Raton: 137-147.
- Perira, L. Rodrigues, A. Sarantopoulos, C. Junqueira, V. Cunba, R. (2004). Influence of modified atmosphere packing and osmotic dehydration on the quality maintenance of minimally processed guavas. *Journal of food science* 69: 172-177.
- Qi, H. Hu, W. Jiang, A. Tian, M. Li, Y. (2011). Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. *Food Science and Emerging Technologies* 12: 62-66.
- Ragaert, P. Devlieghere, F. and Debevere, J. (2007). Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 44: 185-194.
- Rhim, JW. Park, HM. Ha, CS. (2013). Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science* 38: 1629-1652.
- Rocculi, P. Romani, S. Rosa, MD. (2006). Use of a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples. *Journal of Food Engineering* 76: 334-340.
- Rodriguez-Aguilera, R. Oliveira, JC. (2009). Review of design engineering methods and applications of active and modified atmosphere packaging systems. *Journal of Food Engineering*: 66-83.
- Rodríguez-Amaya, D. (1999). Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los carotenoides provitamina. Dpto. de Ciencia de Alimentos. Universidad Estatal de Campinas, Brasil: Ed. OMNI, pp. 10-12.
- Rojas-Graü, MA. Tapia, MS. Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Food Science and Technology* 41: 139-147.
- Romero, D. (2013). Biofilm inhibitors that target amyloid proteins. *Chemistry & Biology* 20:102-10.
- Ryall, AX. Lipton, WJ. (1972). Handling transportation and storage of fruits and vegetables. Vegetables and melons 2. California: Medtech.

- Saito, H. Hosoyama, T. Ariga, S. Kataoka, N. (1998). Antiulcer activity of grape seed extract and procyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 1460-1464.
- Saltveit, ME. (1997). A summary of CA and MA recommendations for harvested vegetables. *Postharvest Technology of Horticultural* 4: 98-117.
- Saltveit, ME. (2011). Melon (*Cucumis melo*). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*: 31-43.
- Salvat. (1979). Diccionario Enciclopédico, España: Editores España.
- Sanchita, B. Hari, N. (2017). The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. *Food Science and Technology* 11: 104.
- Scandeila, D. (1988). Involution du code des bonnes pratiques professionnelles. *Infos-CTIFL* 41: 3-4.
- Scott, VN. (1989). Interaction of factors to control microbial spoilage of refrigerated foods. *Journal of Food Protection* 52:431-435.
- Serrano, M. Martínez-Romero, D. Castillo, S. Guillén, F. Valero, D. (2004). Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. *Postharvest Biology and Technology* 34: 155-167.
- Shewfelt, RL. (1987). Quality of minimally processed fruits and vegetables. *J Food Quality* 10:143-156.
- Shojaee-Aliabadi, S. Hosseini, H. Mohammadifar, MA. Mohammadi, A. Ghasemlou, M. Ojagh, SM. (2013). Characterization of antioxidant-antimicrobial K-carrageenan films containing *Satureja hortensis* essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules* 52: 116-124.
- Shoko, T. Soichi, MM. Megumi, F. Eri, K. Jun, W. (1999). Isolation and identification of an antibacterial compound from grape and its application to food Nippon. *Nogeikagaku Kaishi* 73: 125-128.
- Siracusa, V. Rocuculi, P. Romani, S. Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaing. *Food Science and Technology* 19: 634-643.
- Smith, JF. Van De Voort, FR. Lambert, A. (1989). Food and its relation to interactive packaging. *Food Science and Technology* 22: 327-330.

- Song, J. (2010). Major enzymes of flavor volatiles production and regulation in fresh fruits and vegetables. *Enzymes in fruit and vegetable processing chemistry and engineering applications*. Boca Raton: 45-63.
- Tapia, MS. Rojas-Grau, MA. Carmona, A. Rodriguez, FJ. Soliva-Fortuny, R. Martin-Belloso, O. (2008). Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* 22: 1493-1503.
- Temiz, A. Ayhan, DK. (2017). Enzymes in Minimally Processed Fruits and Vegetables. Food Engineering Series. Springer, Boston, MA: 93-151.
- Terefe, NS. Buckow, R. Versteeg, C. (2014). Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: effects of novel food processing technologies, part 1: high-pressure processing. *Food Science and Nutrition* 54: 24-63.
- Toivonen, PMA. Brummell, DA. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.
- Tsicornia, JR. (1974). Hortalizas de fruto. Tomate, pepino, pimiento y otras. Argentina: Albatros.
- USDA. (2010). Melons, cantaloupe, raw. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28.
- Valadez, L. (1994). Producción de hortalizas. México: Limusa.
- Valero, D. Díaz-Mula, HM. P. Zapata, PJ. Guillén, F. Martínez-Romero, D. Castillo, S. Serrano, M. (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 77: 1-6.
- Waghmare, R. Annapure, U. (2013). Modelling the effect of time and temperature on respiration rate of selected fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 80: 25-30.
- Waghmare, RB. Annapure, US. (2013). Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology* 85: 147-153.
- Wang, CY. (1999). Postharvest quality decline, quality maintenance and quality evaluation. Proceedings of the international symposium on

effect of preharvest and postharvest factors on storage of fruit, Warsaw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42: 389-392.

- Wiley, R. (1994). Introduction to minimally processed fruits and vegetables. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Berlin: Springer.
- Wyllie, SG. Leach, DN. (1992). Sulfur-containing compounds in the aroma volatiles of melon (*Cucumis melo*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 253-256.
- Yamaguchi, M. Hughes, DL. Yabumoto, K. Jennings, WG. (1977). Quality of cantaloupe muskmelons: variability and attributes. *Scientia Horticulturae* 6: 59-70.
- Zhang, H. Kong, B. Xiong, YL. Sun, X. (2009). Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4°C. *Meat Science* 8: 686-692.
- Zhang, HP. Wu, JY. Qin, GH. Yao, GF. Qi, KJ. Wang, LF. Zhang, SL. (2014). The role of sucrose-metabolizing enzymes in pear fruit that differ in sucrose accumulation. *Acta Physiologiae Plantarum* 36: 71-77.