



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**APLICACIÓN DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN Y TIPOS
DE ENVASES EN UN PRODUCTO MÍNIMAMENTE
PROCESADO DE FRAMBUESA.**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:
CARLOS GUILLERMO VELA RODRÍGUEZ**

**ASESORAS:
DRA. MA. ANDREA TREJO MÁRQUEZ
M. EN C. ALMA ADELA LIRA VARGAS**

Cuautitlán Izcalli, Estado de México 2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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**

U.N.A.M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

**ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe 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

Aplicación de métodos de desinfección y tipos de envases en un producto mínimamente procesado de frambuesa.

Que presenta el pasante: **Carlos Guillermo Vela Rodríguez**
Con número de cuenta: **308638189** 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 Enero de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Clara Inés Álvarez Manrique	
VOCAL	Dra. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza	
SECRETARIO	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
1er. SUPLENTE	M en C. Selene Pascual Bustamante	
2do. SUPLENTE	I.A. Ricardo Moisés González Reza	

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

Dedicatoria

A aquellas personas sin las cuales no me habría sido posible concluir esta etapa tan importante de mi vida:

Mis padres, quienes me enseñaron lo que significa la constancia, la congruencia, el esfuerzo, la paciencia, y lo importante que es fijarse una meta y hacer lo posible (y hasta lo imposible) para alcanzarla.

Mi hermana, quién a su corta edad me entiende más de lo que se podría esperar y soy capaz de hablar con ella como si hablase con una imagen reflejada de mí, más no idéntica, y quién siempre logra alegrar el día más sombrío.

Mis abuelos, por siempre cuidar de mí y brindarme su cariño y su apoyo incondicional, a quienes les debo también mucho de lo que soy ahora y por siempre confiar en mí y darme las palabras de aliento necesarias para que nunca me diese por vencido.

Sin ustedes este trabajo, pequeña muestra de lo que es posible lograr con un poco de esfuerzo y con el apoyo y dirección adecuada.

De la misma manera me gustaría dedicar mi trabajo de tesis a todos aquellos estudiantes, que como yo en algún momento, tenemos duda acerca de la meta que nos hemos propuesto en un inicio y estamos tentados a abdicar en el camino. Siempre es posible y necesario concluir todo aquello que empezamos, y recordemos que la apatía y la indiferencia hacia nuestro entorno no son opciones en un mundo y una sociedad tan cambiante y caótica como en la que nos ha tocado vivir; sin embargo, el cambio comienza con nosotros mismos.

Als die Nazis die Kommunisten holten,

habe ich geschwiegen;

ich war ja kein Kommunist.

Cuando los nazis vinieron a llevarse a los

comunistas,

guardé silencio,

porque yo no era comunista.

Als sie die Sozialdemokraten einsperrten,

habe ich geschwiegen;

ich war ja kein Sozialdemokrat.

Cuando encarcelaron a los socialdemócratas,

guardé silencio,

porque yo no era socialdemócrata.

Als sie die Gewerkschafter holten,

habe ich geschwiegen;

ich war ja kein Gewerkschafter.

Cuando vinieron a buscar a los sindicalistas,

guardé silencio,

porque yo no era sindicalista.

Als sie die Juden holten,

habe ich nicht protestiert;

ich war ja kein Jude.

Cuando vinieron a llevarse a los judíos,

no protesté,

porque yo no era judío.

Als sie mich holten,

gab es keinen mehr,

der protestieren konnte.

Cuando vinieron a buscarme,

no había nadie más que pudiera protestar.

Martin Niemöller.

Agradecimientos

Hay muchas personas a quienes me gustaría agradecerles, no sólo porque estuvieron involucradas en el que la conclusión de este proyecto haya sido posible, sino también porque me han ayudado en mi formación como persona en muchos aspectos de mi vida y que han influido en mi percepción de las cosas y en la manera en que actúo. Independientemente de si llegaren a leer estas líneas o no, a todos ustedes: ¡gracias! Y si es que he omitido a alguien, sabrá que en algún momento le agradeceré por lo que hizo por mí, porque este es un camino que se ha ido construyendo poco a poco y que de la misma manera seguirá creciendo.

Antes que a nadie, agradezco a mis padres, por haber sido el apoyo más grande que he tenido a lo largo de mi vida hasta ahora:

- ∞ Xóchitl, mamá, mami: agradezco de todo corazón las enseñanzas que me das y el apoyo que siempre me has brindado. Porque aunque no siempre me resultó fácil contarte lo que ocurre en mi vida y a mi alrededor, ahora no imagino el estar sin tus consejos, u opiniones cuando los necesito. Porque nos entendemos, muchas veces sin necesidad de hacer oraciones completas o congruentes, y aunque no siempre estamos de acuerdo, nos es posible llegar a un punto medio en el podamos converger. Por haber sido siempre la primera persona en extenderme su mano y quién sobre todas las cosas me ha enseñado que "las cosas cuestan". Por todo esto y más, que si expresase serían más agradecimientos que proyecto, siempre te estaré agradecido, mamá.*
 - ∞ Guillermo, Memito, papá: sé que no siempre lo digo, y muchas veces pienso si es por frialdad o por considerar que es algo que se da por sentado, pero te quiero mucho y no sé qué haría sin tu apoyo o tu cariño. Sé que muchas veces no estamos en la misma sintonía, pero es parte de la relación padre e hijo, ¿no? Debemos poder aprender del otro aun cuando no compartimos las mismas opiniones. Siempre te estaré agradecido por abrir mis ojos a situaciones que desconocía y enseñarme la importancia hasta de las cosas que parecerían más insignificantes. Por haber siempre sido un ejemplo de lo que es trabajar sin descanso hasta lograr lo que se propone, y enseñarme que muchas veces, los tropiezos que se tienen en el camino no son motivo para quebrarse y venirse abajo; sino que son un impulso para luchar y trabajar con más fuerza por alcanzar lo que se pretende. Por brindarme las oportunidades que he tenido para desarrollarme como persona, tanto en el ámbito educativo como en el ámbito de esparcimiento y enriquecimiento. Por todo lo que siempre has hecho por mí: ¡muchas gracias, Memito!*
-

-
- ❧ *A Fer, mi hermana ya no tan pequeña. Porque me has enseñado que no crecer, no es sinónimo de amargarse la vida, no implica el desprenderse totalmente de las cosas que uno hace cuando es pequeño, es saber combinarlas con las obligaciones que se tienen. Porque con tu inocente insolencia e irreverencia me enseñás que no debe importarnos nunca lo que piensen de nosotros las demás personas, pues ellos no conocen los motivos por los que nos comportamos de cierta u otra manera. Porque siempre estás ahí cuando necesito hablar con alguien y en los últimos meses nos hemos acercado mucho el uno al otro y me has dado razones para seguir adelante y ver por ti cuando sea necesario, ya que sabes que siempre voy a estar para ti cuando lo necesites. Porque siempre eres capaz de hacerme sonreír aun cuando sienta que el mundo está a punto de colapsar y porque cada momento que paso contigo es una hermosa aventura. Por eso y muchas cosas más: ¡gracias, corazón!*
- ❧ *A mis abuelos, Esther y Leonardo: porque siempre me han cuidado cuando ha sido necesario en todos los aspectos en los que fue necesario. Porque el que ustedes tengan siempre una confianza casi ciega en mí hace que continúe trabajando y luchando por alcanzar mis metas. Porque me han enseñado que no se tienen edad para ser joven, sólo se debe ser prudente para que nuestros actos no obren en contra nuestra y que siempre hay manera de salir adelante cuando nos enfrentamos a situaciones difíciles, el punto es no dejarse vencer por las corrientes adversas contra las que se nade.*
- ❧ *A mis tíos y mis primos paternos: Malena, Janny, Abraham, Carlos, Ariadna, Fabián. Porque siempre han estado ahí para mí, y sé que muchas veces no he demostrado el agradecimiento, e incluso como a veces dice mamá, tolerancia, porque mi carácter en ocasiones me hace parecer hosco frente a sus bromas y comentarios. Pero les agradezco de todo corazón todo lo que han hecho por mí siempre, acciones tan simples como ayudarme a corregir mi tarea cuando era pequeño han hecho que ahora tenga una noción clara de cómo deben hacerse las cosas. Porque para mí son un ejemplo de superación, que siempre han demostrado que se puede ser mejor y que no importa cuán negro se vea el panorama, siempre viene un nuevo día para los que están dispuestos a recibirlo. Quiero que sepan que siempre estaré muy agradecido con todos ustedes por ser parte de mi vida y de mi desarrollo.*
- ❧ *A mis tíos maternos: Óscar, Cecilia, Martha y Beto. Porque cuando algo sé que si algo me ocurre puedo contar con ustedes para ayudarme y que si bien afortunadamente no ha llegado aún esa situación, agradezco cada uno de los pequeños momentos que comparto con ustedes porque siempre tienen algo que aportarme.*

A mis primos:

-
- ✧ *Raúl: porque desde hace mucho tiempo sé que puedo contar contigo para todo, no importa lo que sea. Has estado presente en cada una de las etapas de mi vida, dándome tu mano para seguir adelante y no caer. Porque sé que puedo confiar hasta lo indecible y que tu apoyo hacia mí no es condicionado por alguna actitud o por alguna situación en específico, al contrario, siempre intentas hacerme ver un enfoque diferente de las cosas para que aprecie la situación desde varios posibles ángulos. Por todo lo que siempre haces por mí: ¡primo, muchas gracias!*
- ✧ *Mitzi: porque de ti he aprendido, que siempre tenemos que reírnos de la vida, si es que no queremos que la vida se burle de nosotros con sus trastadas y jugarretas. Que siempre debemos tener una sonrisa en el rostro, no importa si es que estamos pasando un mal momento, no por ser hipócrita; sino porque las cosas nos afectan tanto como nosotros dejamos que lo hagan. Que no siempre podemos ser tan estrictos con lo que planeamos porque siempre encontraremos pequeñas desviaciones, pero que si tenemos los ojos fijos en una meta, es posible llegar sin importar cuánto tiempo o esfuerzo se requiera. Prima, ¡gracias por estar conmigo siempre!*

A mis niñas, aquellas amigas que tengo desde que era niño (o tal vez no tanto) y con quienes he crecido y he ido aprendiendo a cada paso que damos juntos: nos separamos, nos reunimos, peleamos, lloramos, reímos, fumamos. A ustedes en general: ¡gracias!

- ✧ *Tamara: no siempre nos caímos bien, ¿lo recuerdas? Pero desde el momento en que decidimos ser amigos, no hemos podido separarnos el uno del otro. Contigo he aprendido que más vale una respuesta directa y honesta a la ambigüedad que se prefiere, que los impulsos muchas veces no nos llevan a nada bueno pero que al mismo tiempo, no podemos estar esperando a que las cosas se solucionen por sí mismas; debemos tomar aquello que nos incomoda o molesta y confrontarlo para que no crezca en algo que luego puede llegar a asfixiarnos. Porque en estos largos años de amistad que tenemos, siempre he podido contar contigo, con tu apoyo y con tus consejos en todo momento. ¡Muchísimas gracias!*
- ✧ *Fany: amiga, nuestra historia es tan complicada como sólo a nosotros se nos puede ocurrir. Te vas, me voy, nos molestamos, pero no podemos permanecer mucho tiempo sin el otro. Porque siempre logras hacer que despeje mi mente un poco antes de seguir trabajando. Porque me has demostrado que sí es posible sobrellevar las más turbias experiencias cuando se tiene un objetivo claro en la mente y que siempre existe una solución para todo. Porque eres para mí un ejemplo de fortaleza y entereza por la manera en la que has vivido desde hace ya algunos años y siempre tienes una manera de hacerme reír. ¡Gracias por todo, amiga!*
- ✧ *Sofi: niña, muchas gracias, por tu amistad a lo largo de los años. Aunque ya no tenemos la relación en la que nos buscábamos a cada oportunidad, sabemos que podemos contar con el otro para cualquier situación que requiera*
-

más de una mano para solucionarse. Gracias por siempre darle un giro positivo a las cosas y hacer que los problemas parezcan diminutos después de hablarlos contigo. Amiga, ¡de todo corazón, muchas gracias!

☽ *Sol: muchas gracias por ser parte de mi vida, y aunque los años han hecho que nos frecuentemos cada vez menos porque tenemos caminos distintos, son aquéllos que tienen un punto de convergencia que siempre compartiremos. Agradezco la confianza que me tienes y que me inspiras, porque siempre que llegamos a coincidir en algún evento, podemos charlar sin parar poniéndonos al corriente de lo que ha ocurrido en nuestras vidas y contar con un consejo del otro. ¡Sol, por eso y más gracias!*

A los primeros jóvenes con quién tuve el gusto de formar una relación en esta etapa de mi vida: Carricón, Karina, Alejandro, Enrique, Sergio. Porque aunque nuestros caminos se separaron pasé momentos inolvidables a su lado. Les deseo éxito en todo lo que ustedes hagan chicos. ¡Hasta siempre!

A aquellas chicas que tengo el gusto y el honor de llamar mis amigas ya que son personas maravillosas y saben que realmente las quiero y las querré siempre con todo mi corazón; y con quién tuve el gusto de convivir desde que empecé mi vida en la FES-C.

☽ *Sam. ¡Ay, Sam Cabrera! ¡Algún día podré terminar de agradecerte tu amistad, tus consejos, tus charlas, las risas, el llanto y todos los momentos que hemos vivido en lo que podría considerarse tan poco tiempo? Es extraño, ¿no te parece? Encontrar en la carrera a una persona que conociste en la etapa preescolar y que no volviste a ver sino hasta que ya eres un «adulto responsable». A veces creo que somos personas tan similares y al mismo tiempo tan diferentes, tal vez complementarias. Sé que siempre puedo contar contigo para todo, y sé que si he actuado mal puedo contar con tu honestidad para decírmelo y hacerme ver las cosas con el ángulo adecuado y aprender de cualquier situación por muy ridícula que sea. Porque confío en que siempre todo lo que sale de tu boca no tiene ninguna mala intención y es para hacerme crecer como persona. Porque aun cuando no compartimos los mismos gustos siempre, puedo contarte absolutamente todo lo que me pasa y sé que estarás ahí con esa sonrisa tuya tan característica y unas palabras que me ayuden a salir de mi ensimismamiento o enojo o tristeza. Porque nunca terminaré de agradecerte, ¡gracias, Sam Cabrera!*

☽ *Chio. Chio, a cada semestre que pasaba, nos volvimos más unidos al punto de que terminamos compartiendo muchas cosas juntos, y quiero que sepas que agradezco y atesoro cada uno de ellos. Tu irreverencia y picante insolencia son características que siempre han ayudado a mejorar cualquier situación y has hecho que aprenda a darle su lugar a las cosas. Por haber compartido esta etapa tan importante conmigo, muchas gracias.*

-
- ✧ *Mai Rosas, te doy las gracias porque siempre, por muy negra que se haya visto el panorama, tenías una enorme sonrisa en el rostro y una risa que se contagiaba a los demás, haciendo que por un momento, aún ínfimo, el estrés y las preocupaciones se olvidasen y pudiésemos concluir las labores que teníamos en mano. Porque siempre has sido una persona muy noble y me has hecho entender que la cortesía y la amabilidad son características necesarias en la convivencia con las otras personas, aun cuando no estemos de acuerdo con sus posturas, que se logra más con el diálogo que con el impulso.*
- ✧ *¡May Paz, muchas gracias! Porque siempre has sido un ejemplo de fortaleza y liderazgo. He aprendido contigo que es posible separar por completo las relaciones personales de las relaciones laborales y las obligaciones escolares, que la prioridad de que un trabajo se entregue con la calidad que debe tener, no debe influir en cómo nos sentimos con respecto a otras personas. Porque siempre vamos a tener que convivir y relacionarnos con todo tipo de personas, pero una voz debe ser la que dirige el curso de acción. ¡Por eso y más, muchas gracias, May!*
- ✧ *A mis profesores, amigos y compañeros que tuve el gusto de conocer en los cursos de idiomas de la FES-C. Edgar, José Luis, Araceli, Beatriz, María de los Ángeles, Nancy, Paulina, Kath, Lavín, Ferr Gabriel, Charlie. A todos ustedes muchas gracias por haber compartido su vida conmigo aunque haya sido en pequeñas experiencias y anécdotas, pero que me ayudaron a abrir los ojos al mundo. A veces pienso que de no haber sido por los cursos de idiomas no me habría sido posible el concluir esta etapa de mi vida. Aquellas horas invertidas me servían no sólo para aprender un nuevo idioma y una cultura diferente de la mía, sino que también representaban un momento en el que era genuinamente feliz y me permitían expresarme en formas que en la carrera pasaban a segundo plano, como una válvula de escape. ¡Mil gracias y espero que siempre tengan éxito en sus planes ya que merecen lo mejor en sus vidas!*
- ✧ *A Cath, Juan Carlos y Genaro, amigos que conocí fuera de la facultad y de la vida universitaria. Personas maravillosas con las que puedo contar para hacerme reír con su actitud irreverente y su picante honestidad. A ustedes, quienes sé que si nuestros encuentros son contados, cada uno de ellos es valioso para mí y ayudan a expandir mi mundo. Cada uno de nosotros tenemos una formación, un carácter, una ideología y una motivación diferente, pero no por eso nos hemos separado, hemos podido hacer que esas diferencias enriquezcan nuestra amistad y podamos aprender mucho el uno del otro. ¡Gracias por estar en mi vida y por siempre alentarme a terminar este proyecto con su característico sentido del humor!*
-

✧ *A Abraham, porque en los años que llevamos de conocernos nunca has dejado de sorprenderme con conocimientos que ignoraba por completo, por hacer que mi mente pueda ver distintos ángulos al mismo tiempo con respecto a una sola situación. Porque siempre tienes algo nuevo que contarme y hacer que mi percepción del mundo cambie y aprenda a valorar cada una de las artes y ciencias que existen, por enseñarme que la vida es una convergencia de todos ellos y es inútil el intentar aislarlos. Porque con tu honestidad, que podría ser tomada por descortesía, me has ayudado a mejorar. ¡Maldito, muchas gracias!*

✧ *A mis compañeros del taller de frutos y hortalizas. Chicos, hicieron que esta última etapa de la formación universitaria fuese la experiencia más agradable y enriquecedora posible, a ninguno de ustedes los había tratado propiamente antes del taller y aunque no sé si podría decirse que somos los mejores amigos, encontré en ustedes unas personas maravillosas con las que me da gusto decir que compartí un momento tan importante de mi vida. Sin importar si teníamos que entregar reporte, seminario, práctica, congreso, siempre hicieron que cada esfuerzo que fue requerido para cumplir con aquellas obligaciones fuese placentero. Les agradezco, en estricto orden alfabético, para que no digan que tengo preferencia por ninguno: Chucho, porque desde el inicio del taller me ayudaste a sentirme ubicado y aprender los procedimientos rápidamente; Erika, porque siempre tenías una manera muy particular de reaccionar ante cualquier situación que hacía que los problemas se esfumaran por un momento y se pudiese buscar la solución adecuada; Walter, por tu manera tan desenfadada de ser que siempre lograba arrancarnos risas a todos pero no te distraía del objetivo final de las cosas y de lo que debía hacerse; Yatz, porque siempre podía contarte lo que me pasaba y aprendí que el punto de sacar un trabajo es no ceder ante el estrés, mantenerlo a raya y concentrarse. Les estaré eternamente agradecido y los llevaré en mi corazón y mi memoria. Les deseo éxito en todos los aspectos de su vida y si es que nuestros caminos llegan a coincidir nuevamente, estaré honrado de volver a compartirlo con ustedes. Y recuerden, tenemos que apurarnos a trabajar porque viene la bruja.*

A mis profesoras del taller de postcosecha.

-
- ∞ *A Selene, porque siempre me brindaste orientación cuando era necesario y me ayudaste a superar mi «drama», concentrándome en el objetivo del trabajo, porque tus observaciones e incluso «regañños» siempre sirvieron para que el trabajo quedase en tiempo y en la mejor forma posible. ¡Muchas gracias!*
- ∞ *A Adela, porque siempre con tu personalidad tan única y característica, que dudo volver a encontrar en la vida, me hiciste sacar el trabajo, tal vez no con el tiempo que inicialmente planeamos, pero me presionaste hasta que estuvo terminado de la manera más satisfactoria y completa que fue posible. Porque además eres una persona excelente a tu forma de ser y sé que podría acudir a ti si es que lo requiero. ¡Adela, nunca cambies y muchas, infinitas gracias!*
- ∞ *A la doctora Andrea Trejo. Por todo el apoyo que siempre me brindó, no sólo a mí, sino también a todos los chicos que tenemos la dicha y fortuna de caer en un lugar tan bueno para trabajar como es el taller que usted dirige. Por siempre ver que los proyectos sean lo más completos posibles y toquen temas de problemática nacional, que nos urge solucionar en un país tan rico como lo es el nuestro. Por brindarnos la oportunidad de crecer académicamente con los congresos y otras actividades a las que procura que asistamos para enriquecernos. ¡Doctora, muchas gracias!*
- ∞ *A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas para entrar a la gran Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en la que me formé no sólo como un ingeniero, sino que aprendí muchas cosas acerca del crecimiento personal y las relaciones con las demás personas que me rodean. Porque me ha dado una bases fuertes para aspirar más alto y cumplir todo aquello que me proponga.*
- ∞ *Al proyecto PAPIIT (17201513): Desarrollo de envases activos para la conservación de frutos frescos y mínimamente procesados, de la Dirección General de Asuntos del personal Académico de la UNAM. Por la financiación del presente trabajo.*
-

✧ *And last but not least, to Janne Eskelinen. You have proved that life can change completely in a second and by the simplest of actions. Even though when we met this work was already almost complete, you have given me a new reason, a very strong one if not the strongest, to become better every day and fight for what I want. Thank you for giving me your support from afar and making me believe in things I thought were mere inventions of delusional people. I will always be grateful for these little things you have done for me and I will always love you whether we are thousands of kilometres apart. Thank you! (Donkey voice).*

...Gracias a la vida que me ha dado tanto.

*Me dio el corazón que agita su marco
Cuando miro el fruto del cerebro humano,
Cuando miro al bueno tan lejos del malo,
Cuando miro el fondo de tus ojos claros.*

*Gracias a la vida que me ha dado tanto.
Me ha dado la risa y me ha dado el llanto.
Así yo distingo dicha de quebranto.
Los dos materiales que forman mi canto
Y el canto de ustedes que es el mismo canto
Y el canto de todos que es mi propio canto.*

¡Gracias a la vida que me ha dado tanto!

Violeta Parra, «Gracias a la vida» (fragmento).



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
Resumen.....	IX
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
2.1. Frambuesa.....	5
2.1.1. Taxonomía y morfología.....	5
2.1.2. Variedades.....	7
2.1.3. Importancia económica.....	8
2.1.3.1. Situación internacional.....	8
2.1.3.2. Situación nacional.....	10
2.1.4. Composición química y propiedades nutricionales.....	11
2.1.5. Conservación e industrialización.....	14
2.2. Productos mínimamente procesados (PMP).....	16
2.2.1. Definición de procesamiento mínimo.....	18
2.2.2. Procesamiento de los PMP.....	19
2.2.3. Cambios bioquímicos en los PMP.....	22
2.2.4. Nuevas tecnologías de conservación de PMP.....	25
2.2.4.1. Métodos de desinfección de los PMP.....	26
2.2.4.2. Métodos de envasado.....	31
2.2.4.2.1. Envasado en atmósferas modificadas.....	33
2.2.4.2.2. Materiales de empaque.....	36
2.2.5. Aplicación de recubrimientos comestibles.....	38
2.2.6. Legislación de los PMP.....	39
3. Objetivos.....	41
3.1. Objetivo General.....	42
3.2. Objetivos Particulares.....	42
4. Metodología.....	43
4.1. Cuadro Metodológico.....	44
4.2. Material biológico.....	45
4.3. Elaboración de frambuesa mínimamente procesada.....	45
4.4. Evaluación del efecto del método de desinfección.....	46
4.5. Ajuste de las condiciones del tratamiento de irradiación UV-C.....	46
4.6. Evaluación del efecto de tipo de envase.....	46



4.7. Técnicas analíticas.....	46
4.7.1. Parámetros químicos.....	46
4.7.2. Parámetros de calidad.....	48
4.7.3. Análisis microbiológicos.....	50
4.7.4. Parámetros fisiológicos.....	50
4.7.5. Análisis sensorial.....	51
4.7.6. Análisis estadístico.....	52
5. Resultados y Discusión.....	52
5.1. Efecto del método de desinfección sobre la frambuesa mínimamente procesada.....	53
5.1.1. Parámetros químicos.....	53
5.1.1.1. Capacidad Antioxidante Total (CAT).....	53
5.1.1.2. Contenido de Antocianinas Totales (CACIT).....	54
5.1.2. Parámetros de Calidad.....	56
5.1.2.1. Sólidos solubles totales (SST).....	56
5.1.2.2. Acidez.....	58
5.1.2.3. pH.....	60
5.1.2.4. Carga microbiana.....	61
5.2. Efecto de la irradiación UV-C sobre la frambuesa mínimamente procesada.....	63
5.2.1. Carga microbiana.....	63
5.2.2. Liberación de líquido.....	65
5.2.3. Pérdida de peso.....	66
5.2.4. Seguimiento fotográfico.....	68
5.3. Efecto del material de envase sobre la frambuesa mínimamente procesada.....	69
5.3.1. Parámetros químicos.....	69
5.3.1.1. Capacidad Antioxidante Total (CAT).....	69
5.3.1.2. Contenido de Antocianinas Totales (CACIT).....	71
5.3.2. Parámetros de Calidad.....	73
5.3.2.1. Sólidos solubles totales.....	73
5.3.2.2. Acidez.....	76
5.3.2.3. pH.....	77
5.3.2.4. Color.....	79
5.3.2.4.1. Luminosidad.....	79
5.3.2.4.2. °Hue.....	81
5.3.2.4.3. Croma.....	83
5.3.2.5. Liberación de Líquido.....	87



5.3.2.6. Pérdida de Peso	89
5.3.2.7. Carga Microbiana	91
5.3.3. Parámetros Fisiológicos.....	94
5.3.3.1. Porcentaje de CO ₂ y O ₂ en el espacio de Cabeza	94
5.3.4. Análisis Sensorial.....	97
Conclusiones y Recomendaciones	99
Conclusiones.....	100
Recomendaciones.....	102
Bibliografía.....	104



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A) Frambuesa roja y negra, B) Frambuesa púrpura y C) Frambuesa amarilla. ... 5

Figura 2. Participación en la producción de frambuesa en Europa del Este. 8

Figura 3. Top 5 de países productores de frambuesa del período 2010-2013. 9

Figura 4. Principales países importadores de frambuesa, año 2012. A) Participación MUSD, B) participación porcentual..... 9

Figura 5. Principales estados productores en México.. 10

Figura 6. Productos elaborados a base de granada..... 15

Figura 7. Ejemplo de productos mínimamente procesados..... 18

Figura 8. Principales operaciones unitarias de los productos mínimamente procesados. 19

Figura 9. Diagrama de proceso de frambuesa mínimamente procesada empleado en los objetivos del proyecto..... 45

Figura 10. Determinación de capacidad antioxidante total. A) Curva Patrón. B) Tratamiento de muestras..... 47

Figura 11. Determinación de antocianinas totales. A) Extracto bruto de frambuesa. B) Extracto con soluciones buffer añadidas. C) Medición pH 1.0. D) Medición pH4.5. 47

Figura 12. Refractómetro digital Atago..... 48

Figura 13. Determinación de % de liberación de líquido. A) Peso de papel filtro a peso constante. B) Presión ejercida por la pesa de 100g. C) Peso de papel filtro con residuo de frambuesa. 48

Figura 14. Determinación de % de acidez. A) Extracto bruto de frambuesa. B) Adición de Carbón activado. C) Titulación del extracto decolorado..... 49

Figura 15. Determinación de pH. A) Extracto bruto de frambuesa. B) Potenciómetro modelo. C) Medición pH..... 49

Figura 16. Determinación de color de frambuesas mínimamente procesadas. 50

Figura 17. Análisis microbiológico, recuento en placas de agar. 50

Figura 18. Analizador de gases modelo 902D DualTrak. 51

Figura 19. Formato utilizado en las pruebas de evaluación sensorial. 51

Figura 20. Capacidad antioxidante de frambuesa mínimamente procesada desinfectada por diferentes métodos. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min..... 53



Figura 21. Contenido de antocianinas en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min.....	55
Figura 22. Contenido de sólidos solubles en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min.....	57
Figura 23. Acidez de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min.....	59
Figura 24. pH de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min.....	60
Figura 25. Carga microbiana del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección A) Mesófilos aerobios. B) Mohos. Dónde: Mic=Microdyn ®; Oz1=Ozono por 3 minutos; Oz2=Ozono por 6 minutos; UV1=UV-C por 15 minutos; UV2=UV-C por 30 minutos.....	62
Figura 26. Carga microbiana del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección A) Mesófilos aerobios. B) Mohos. Dónde: Mic=Microdyn ®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos.....	64
Figura 27. Porcentaje de liberación de líquido del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn ®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos.....	65
Figura 28. Pérdida de peso del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn ®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos.....	67
Figura 29. Capacidad antioxidante de frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC.....	70
Figura 30. Contenido de antocianinas en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional	



de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 72

Figura 31. Contenido de sólidos solubles en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 74

Figura 32. Acidez de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 76

Figura 33. pH de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 78

Figura 34. Luminosidad de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 80

Figura 35. °Hue de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 82

Figura 36. Cromo de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 84



Figura 37. Porcentaje de liberación de líquido de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC..... 87

Figura 38. Pérdida de peso de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 89

Figura 39. Carga microbiana del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes materiales de envase. A) Mesófilos aerobios. B) Mohos. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC..... 91

Figura 40. Porcentaje de CO₂ y O₂ en el espacio de cabeza del producto mínimamente procesado de frambuesa con respecto al método de envase. A) % de Oxígeno. B) % de CO₂. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 95

Figura 41. Evaluación sensorial del producto mínimamente procesado. A) Día 4. B) Día 8 C) Día 16. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. 97



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de las frambuesas.....	6
Tabla 2. Órganos de la frambuesa acorde a su descripción morfológica.....	6
Tabla 3. Principales variedades de frambuesa.....	7
Tabla 4. Composición química de frambuesa en 100g de producto fresco.....	11
Tabla 5. Compuestos bioactivos presentes en la frambuesa.....	13
Tabla 6. Métodos de conservación de frambuesa fresca y derivados.....	15
Tabla 7. Clasificación de los alimentos con base en su procesamiento.....	16
Tabla 8. Descripción de las principales operaciones unitarias de los productos mínimamente procesados.....	20
Tabla 9. Principales cambios presentes en los productos mínimamente procesados.....	23
Tabla 10. Microorganismos presentes en los productos mínimamente procesados.....	25
Tabla 11. Métodos de desinfección para vegetales mínimamente procesados.....	27
Tabla 12. Métodos de envasado empleados en productos vegetales.....	32
Tabla 13. Gases involucrados en los envases de atmósferas modificadas.....	33
Tabla 14. Elementos funcionales de los envases.....	35
Tabla 15. Factores que afecta el envase en atmósferas modificadas.....	36
Tabla 16. Permeabilidad de películas plásticas.....	37
Tabla 17. Seguimiento fotográfico de la frambuesa mínimamente procesada.....	68
Tabla 18. Seguimiento fotográfico de la frambuesa mínimamente procesada en diferentes materiales de envase.....	85



Resumen



Resumen.

La frambuesa es un fruto que si bien en las últimas dos décadas ha visto aumentada su producción a nivel mundial, en México es poco consumida debido a que es un producto susceptible al ataque de microorganismos y por ende altamente perecedero; es por eso que el procesamiento mínimo es una propuesta viable con el fin principal de alargar la vida útil de dicho producto. De tal manera que el objetivo del presente estudio fue evaluar tres diferentes métodos de desinfección y dos materiales de envase, así como la aplicación de un recubrimiento comestible.

Para la obtención del producto mínimamente procesado, la frambuesa fue sometida a las operaciones de: selección, desinfección, pesado, envasado y almacenamiento, a una temperatura general de 10°C. Las dosis de los agentes desinfectantes fueron las siguientes: solución de plata (Microdyn®) al 0.05% por 5 minutos, irradiación UV-C por 15 y 30 minutos, e inmersión en ozono acuoso por 3 y 6 minutos. Se determinó la influencia de los desinfectantes por medio de la evaluación de los parámetros de calidad (pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, color, liberación de líquido y pérdida de peso), microbiológicos (presencia de coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras), químicos (contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante total), así como el porcentaje de O₂ y CO₂ en el espacio de cabeza del envase. Los tratamientos con irradiación UV-C mostraron tener mayor efectividad en el control de microorganismos del fruto, pero la exposición a tiempos prolongados comprometía la calidad de la frambuesa. Debido a eso, se evaluó nuevamente la desinfección con UV-C modificando los tiempos de exposición (10 y 15 minutos), resultando que la desinfección por 15 minutos fue la que preservó la calidad del producto con una baja carga microbiana por mayor tiempo, por lo que se eligió como agente para la segunda etapa experimental. También se evaluaron cuatro atmósferas modificadas pasivamente por medio del empleo de dos materiales de envase: tereftalato de polietileno (PET) y una película de nylon de alta barrera al oxígeno; además del envasado, las frambuesas fueron recubiertas con una película a base de CMC para cada uno de los materiales. A partir de la evaluación de los parámetros anteriormente mencionados, se observó que los mejores resultados se obtuvieron cuando las frambuesas se envasaron en recipientes de PET.



1. Introducción



Introducción.

En las últimas dos décadas se ha incrementado la producción de frambuesa roja (*Rubus idaeus*), así como de otras frutillas a nivel mundial (Mazur *et al.*, 2014). Las propiedades antioxidantes de la frambuesa roja son asociadas con el alto contenido de antocianinas, derivados del ácido eláxico y vitamina C (Bobinaité *et al.*, 2012). Además de su fuerte capacidad antioxidante, las frambuesas también han demostrado otros efectos biológicos, como: anti-inflamatorios, anti-cancerígenos y antimicrobianos, las cuales principalmente son consumidas en fresco (Chen *et al.*, 2012).

A pesar del incremento en la producción y el consumo de frutillas a nivel mundial, México produjo 75,939 ton de frambuesa en 2012 y el país presenta las condiciones climáticas para que dicha producción aumente, siendo su principal objetivo la exportación a E.E.U.U., por lo que el diversificar productos de estas frutas ampliaría el mercado y generaría empleos (SAGARPA, 2012).

Los derivados comunes de frambuesa como mermeladas y jugos, pertenecientes al procesamiento superior, degradan los compuestos fenólicos (catequinas, ácidos fenólicos, antocianinas, entre otros) que otorgan su principal atractivo nutrimental (Monteiro y Canon, 2012). Un producto mínimamente procesado (PMP) conserva en mayor parte las propiedades originales del producto en fresco y se encuentra listo para su consumo dado que ya han pasado por un proceso de desinfección con tratamientos suaves (Bascopé, 2012).

Para elaborar los PMP, la desinfección es una operación de gran importancia. Las soluciones cloradas son las más ampliamente usadas debido a su bajo valor económico; sin embargo, llegan a afectar la calidad sensorial del producto y a generar sub-productos tóxicos (Chaidez *et al.*, 2012). Por otra parte, la irradiación UV-C presenta una considerable disminución de los microorganismos promotores del deterioro y se considera segura debido al nulo desprendimiento de residuos (Gómez-López, 2012b); mientras que el ozono es efectivo contra un amplio rango de microorganismos patógenos y no interfiere con la calidad sensorial y nutricional de los productos frescos y mínimamente procesados (Ölmez, 2012). Asimismo, el empleo de recubrimientos comestibles ha aumentado debido a que se considera una estrategia que reduce las reacciones de deterioro al minimizar la migración de humedad y de sólidos, el intercambio de gases, la respiración, reacciones oxidativas, y, con ello, desórdenes fisiológicos (Rojas-Graü *et al.*, 2012). No obstante, el procesamiento mínimo necesita combinarse con otros métodos como la refrigeración, y el



envasado con atmósferas modificadas (EAM) para prolongar la vida útil del producto, así como la conservación de la calidad e inocuidad del producto. La modificación de la atmósfera puede darse en forma pasiva o activa, en ambos casos buscando una atmósfera de equilibrio generada cuando las tasas de transmisión de O₂ y CO₂ a través del empaque igualan la tasa de respiración del producto dicho equilibrio depende en gran medida del material del que se encuentre hecho el envase (PET, polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), poliestireno (PS), nylon, etc.) (Giovanelli *et al.*, 2014).

Por lo que el objetivo del presente trabajo es la determinación de condiciones de procesamiento con tres diferentes métodos de desinfección alternos a los convencionales, así como dos materiales de envase que logren alargar la vida útil del producto de manera significativa con base en el efecto que las condiciones de procesamiento tengan sobre los parámetros químicos, microbiológicos, fisiológicos y de calidad de la frambuesa.



2. Antecedentes



2.1. Frambuesa.

Las frambuesas pertenecen al género *Rubus* de la familia *Rosaceae*. Las frambuesas cultivadas son derivados de dos variedades silvestres: la frambuesa roja (*Rubus idaeus*) y las frambuesas negras (*Rubus occidentalis*). Son frutos suaves y delicados con semillas pequeñas y un centro cóncavo, están formadas por drupas vellosas que se adhieren entre sí. El origen de las frambuesas rojas data del siglo IV A.D. en el monte Ida, en las montañas caucásicas de Asia Menor y se da el crédito a la población británica por la popularización del fruto así como de la mejora de los procesos de cultivo durante el medievo. Por otra parte la frambuesa negra es una especie nativa de América del Norte (Sinha, 2006).

El arbusto de este fruto es bienal, otoñal o veraniego, y los frutos crecen en troncos leñosos, se adapta mejor a regiones templadas. El sistema de raíces de la planta es perene y capaz de vivir por varios años mientras se cuentan con condiciones de drenado adecuadas. Si bien las frambuesas rojas y negras son las variedades que dominan el mercado, también se cultivan las variedades púrpura y amarilla (Figura 1) principalmente para el abasto de mercados locales (Sinha, 2006).



Figura 1. A) Frambuesa roja y negra, B) Frambuesa púrpura y C) Frambuesa amarilla.

Fuente: Baking naturally (2015), Growing Birmingham (2012), Victorian nursery garden (2015.)

2.1.1. Taxonomía y morfología.

La frambuesa roja (*Rubus idaeus*), de manera taxonómica (resumida en la Tabla 1), pertenece a la familia de las rosáceas (*Rosaceae*), la cual abarca la mayor parte de las especies de frutas de consumo masivo así como gran variedad de plantas ornamentales, y cuyos especímenes se distribuyen por casi la totalidad del globo.



Tabla 1. Taxonomía de la frambuesa.

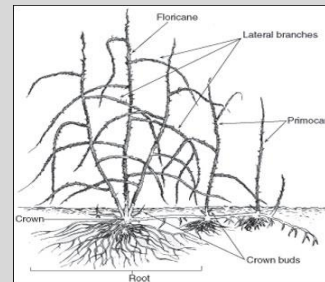
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Género	<i>Rubus</i>
Especie	<i>Rubus idaeus L.</i>

Fuente: Infoagro (2015).

La anatomía de la frambuesa se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Órganos de la frambuesa acorde a su descripción morfológica.

Arbusto. Un tallo subterráneo, que emite cada año ramas aéreas de dos años de duración. Se desarrollan durante el primer año y en el segundo florecen y fructifican, para morir inmediatamente, siendo reemplazados por otros nuevos vástagos.



Flores. Son escasas de aproximadamente 1cm de diámetro agrupadas en un racimo terminal sencillo o inflorescencia de hasta diez flores; son de tonalidades blanco verdosas o teñidas de rosa.



Hojas. Hojas imparipinadas o ternadas, foliolos más o menos variables por el tamaño y por la forma. Son verdes por el haz y blanquecinas aterciopeladas por el envés.



Fuente: Botanical online^a (2015), Infoagro (2015) e Infojardin (2015).



Tabla 2 (Continuación). Órganos de la frambuesa acorde a su descripción morfológica.

Frutos. El fruto, llamado frambuesa, está formado por muchas drupas convexas, deprimidas, rugosas, aproximadas en piña y que destacan fácilmente. Presenta un color rojo opaco y una apariencia vellosa. La pulpa es muy aromática y su sabor es agridulce.



Fuente: Botanical online^a (2015), Infoagro (2015) e Infojardin (2015).

Si bien se tiene una descripción morfológica general del fruto, el fruto puede variar dependiendo de la variedad del fruto, así como del lugar de cultivo y las técnicas empleadas en su producción.

2.1.2. Variedades.

Como se mencionaba en la sección 2.1., existen diferentes variedades de frambuesa, específicamente en México se tienen dos variedades de frambuesa que se cultivan en el país. Éstas se representan en la Tabla 3.

Tabla 3. Principales variedades de frambuesa.

Heritage. Es una variedad hermafrodita y madura durante todo el verano hasta el otoño. Tiene un sabor suave. Se pueden comer frescas, congeladas, o incluso para ser utilizado en mermeladas y jaleas. Es una variedad con una recolección abundante desde julio hasta las primeras heladas. Produce frutos muy perfumados. Tienden a ser más alargadas que otras variedades de la fruta.



Fuente: INIFAP (2015).



Tabla 3 (Continuación). Principales variedades de frambuesa.

Autumn bliss. Es más compacta que la variedad *Heritage*, con unas ramas cortas y ligeramente espinosas. Es muy sabrosa cuando se cosecha en el otoño. Tienen un excelente sabor y textura firme lo que es ideal para el consumo en fresco de la planta o congelación para el consumo futuro.



Fuente: INIFAP (2015).

2.1.3. Importancia económica.

2.1.3.1. Situación internacional.

Según datos entregados por FAO, entre los años 2007 y 2012 la superficie cultivada con frambuesas creció 7,8%, alcanzando 111.391 hectáreas. De ellas, el 22% se encuentra en Rusia, seguida por Polonia (21%) y Serbia (17%), siendo estos países los acaparadores de casi el 70% de la producción mundial, Figura 2 (ODEPA, 2014). Sin contar a productores menores como países de América Latina.

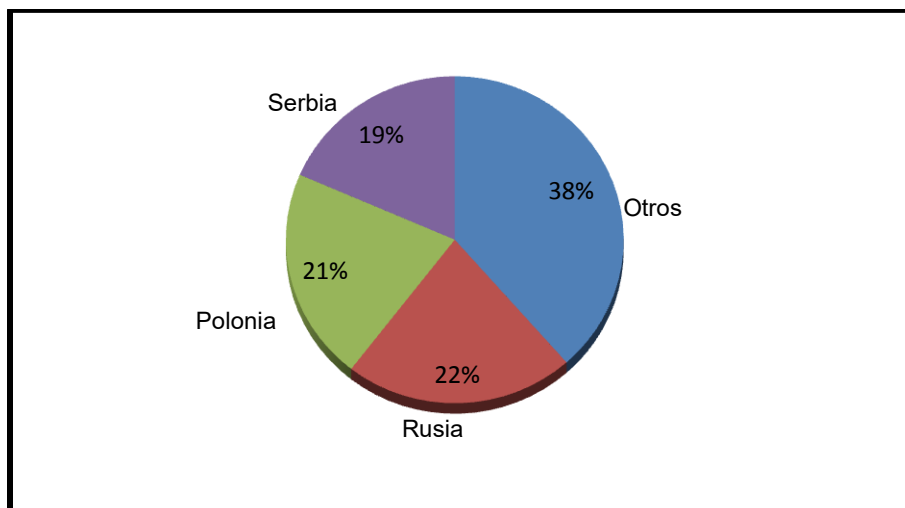


Figura 2. Participación en la producción de frambuesa en Europa del Este. Fuente: elaboración propia con información de ODEPA (2014).

Se señala también que, durante el período comprendido entre los años 2002 y 2011, la producción mundial de frambuesas se comportó de manera oscilante, lo cual se explicaría por diversas causas. Destacan particularmente las temporadas 2007 y 2008, años en los



cuales la producción mundial se vio resentida debido a problemas climáticos, lo cual impulsó un aumento en los precios del producto. En las siguientes dos temporadas, 2009 y 2010, la producción se mantuvo estable con tendencia al alza, pero en 2011 esta situación se exacerbó y la cosecha mundial aumentó aproximadamente (ODEPA, 2014). En la Figura 3 se muestra una relación de los cinco principales países productores de este fruto en un período comprendido entre los años 2010 y 2013.

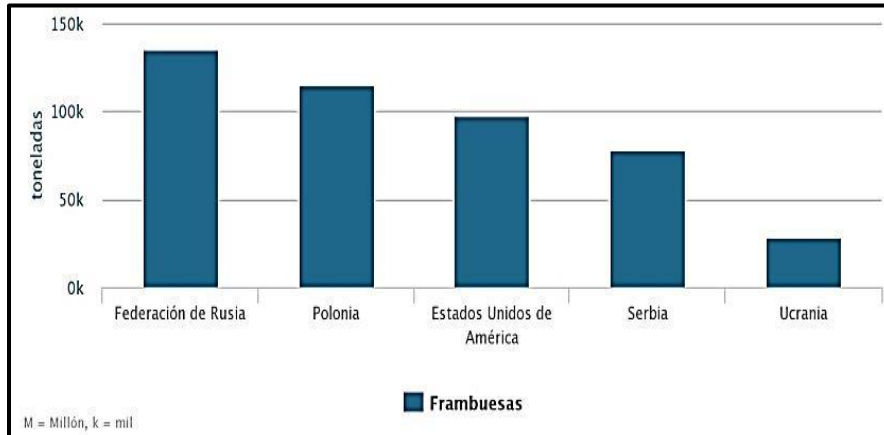


Figura 3. Top 5 de países productores de frambuesa del período 2010-2013. Fuente: FAOSTAT (2015).

Los principales importadores de frambuesas congeladas son los países más desarrollados, ya que es un producto altamente dependiente del poder adquisitivo de los consumidores. Entre los años 2003 y 2012, las importaciones mundiales aumentaron 105%, alcanzando 789 millones de dólares. El mayor importador es Alemania, que concentra 21,9% de las compras globales, seguido por Francia (12,4%), Estados Unidos (10,8%) y Bélgica (7,0%) (ODEPA, 2014). En la Figura 4 se muestran los principales países importadores de este producto en el año 2012.

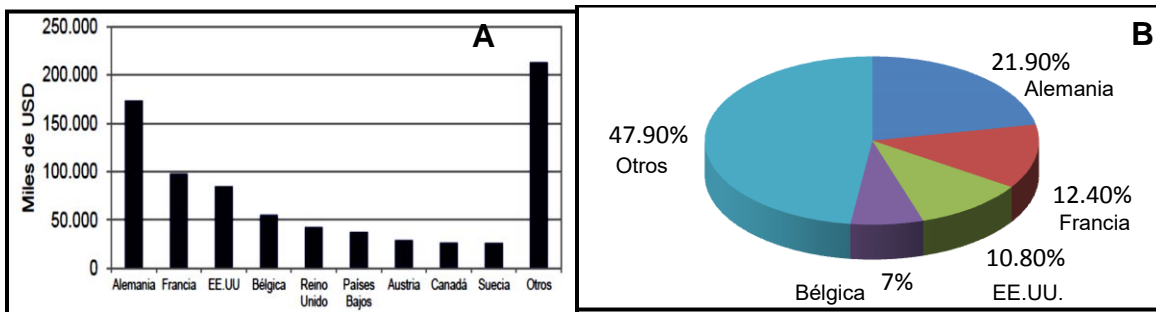


Figura 4. Principales países importadores de frambuesa, año 2012. A) Participación MUSD, B) participación porcentual. Fuente: ODEPA, (2014).



2.1.3.2. Situación nacional.

En los últimos 7 años México se ha convertido, como productor de bayas, en un actor relevante a nivel mundial, especialmente en el abastecimiento del mercado de EE.UU. país en el cuál la frambuesa ocupa el tercer lugar para su consumo en fresco, después de la fresa y el arándano. Si bien el país es el tercer productor de frambuesas a nivel mundial, sólo el 15% de su demanda interna es satisfecha por la producción local, teniendo como principales proveedores del fruto a Canadá, México y Chile (Bascopé, 2012).

La producción de frambuesa alcanzó un valor de 127.9 millones de dólares (mdd) en 2012, por lo que México se colocó en segundo lugar por valor de exportación, sólo detrás de Estados Unidos, cuyo monto ascendió a los 272.6 mdd. En dicho periodo, el país tuvo un rendimiento estimado de 75,939 toneladas de producto y destinó el 54.3% al mercado internacional, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Mexican business, 2013).

Informes de SAGARPA (2012) indican que la superficie sembrada pasó de siete mil hectáreas en 2001 a poco más de 20 mil en 2011. Actualmente, la producción interna se concentra en los estados de Jalisco (61%), Baja California (20%), Michoacán (12%), otros (7%), Figura 5 (Bascopé, 2012).

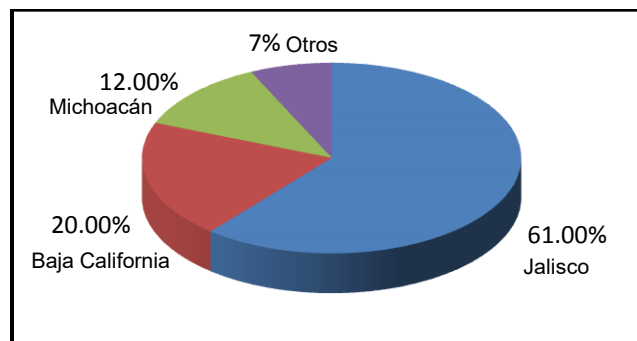


Figura 5. Principales estados productores en México. Fuente: Bascopé (2012).

Algunas empresas apuestan por producciones intensivas donde se rota la planta todos los años, y apuntan a lograr rendimientos sobre $13 \text{ ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$, lo que les significa aumentar un 22% la producción promedio por hectárea comparada con el sistema de mantener la planta por varios años. Hay otros productores que prefieren mantener las plantas por varios años pero que pueden obtener no más de $10 \text{ ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$. En este caso, el grado de tecnificación de la producción es menor, así como el costo (Bascopé, 2012).



México no es un país importador de estas frutillas debido a su bajo consumo nacional. Sin embargo, de acuerdo a las estadísticas de SAGARPA (2012), en dicho año, las exportaciones de frambuesa mexicana alcanzaron las 41,235 toneladas, lo que colocó al país en el primer lugar mundial de ese rubro, por encima de Estados Unidos, Polonia y España. El país registró una participación de 31.2% en el mercado global (Bascopé, 2012). Estados Unidos es el principal objetivo del mercado mexicano, siendo así que en el año 2010, se exportaron 13,927 toneladas métricas de frambuesa fresca a dicho país, producto con un valor de 118 millones de USD, en contraste con la participación canadiense que durante el mismo año exportó a EE.UU. 442 toneladas métricas de frambuesas valuadas en 658,000 USD (The Produce News, 2012).

La actual tendencia a la alza en el consumo de frambuesa, así como de otras frutillas, está dada al conocimiento de las propiedades que dichos frutos, aporte que también depende de la estación, variedad, estado productor, entre otros factores.

2.1.4. Composición química y propiedades nutricionales.

La composición química de la frambuesa depende de diversos factores, como lo son en gran medida la época de cosecha, el estado de madurez, la variedad, las técnicas de producción, el estado o país productor, ya que estos definirán los nutrientes aportados a la planta y por ende la composición final del fruto.

En la Tabla 4 se aprecia que el aporte calórico de la frambuesa es relativamente bajo (casi 50% menor a frutos como la manzana o la pera (Botanical onlineb, 2015)). Lo anterior se debe a que están compuestas principalmente por agua, también aportando una cantidad considerable de fibra, carbohidratos, y otros compuestos que aportan diversos beneficios a la salud.

Tabla 4. Composición química de frambuesa en 100g de producto fresco.	
Calorías	31 kcal
Agua	87 g
Carbohidratos	10 g
Fibra	6 g
Proteína	1 g
Grasa	0.55 g

Fuente: Botanical online^a, (2015)



Tabla 4 (Continuación). Composición química de frambuesa en 100g de producto fresco.	
Potasio	170 mg
Fósforo	30 mg
Calcio	25 mg
Magnesio	25 mg
Sodio	2 mg
Hierro	1 mg
Zinc	0.4 mg
Cobre	0.2 mg

Fuente: Botanical online^a (2015)

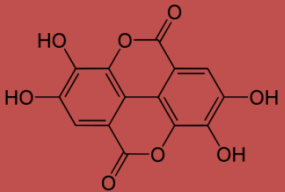
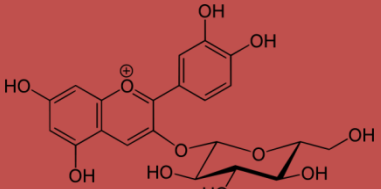

Lo nutricionalmente relevante de esta fruta se encuentra en sus componentes minoritarios. Como la presencia de compuestos antioxidantes que ayuda a la prevención de enfermedades como el cáncer. Dentro de estos compuestos se encuentran: la vitamina A, vitamina C, vitamina E, ácido caféico, ácido gálico, isoquercitina y principalmente el ácido elágico (Botanical online^a, 2015).

La frambuesa roja es una rica fuente de compuestos bioactivos con grandes beneficios a la salud como los son los compuestos fenólicos, incluyendo antocianinas y elagitaninos, y nutrientes como minerales, vitaminas, carotenoides y ácidos orgánicos (Mazur *et al.*, 2014). Dichos compuestos han demostrado tener actividad antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatoria, vasodilatadora y anticancerígena (Četojević-Simin *et al.*, 2015). Es debido a lo anterior que las frambuesas, así como otras bayas, son consideradas como alimentos funcionales (Bobinaitė *et al.*, 2012).

Los alimentos funcionales son aquellos que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios a la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades. En ellos destacan los que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, los alimentos a los que se han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos y otros antioxidantes y los probióticos, que tienen cultivos vivos de microorganismos benéficos (Melgarejo, 2010).



Algunos de los principales compuestos encontrados en la frambuesa y responsables de la funcionalidad de la misma se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Compuestos bioactivos presentes en la frambuesa.			
Compuesto	Presente como	Funcionalidad	Referencia
Ácidos fenólicos 	Ácido elágico y sus conjugados, presentes como taninos hidrolizables llamados elagitaninos, y ácido gálico principalmente.	Asociados con el color, y cualidades organolépticas, así como secuestro de radicales libres, actividad antimicrobiana y anticancerígena.	Bobinaité <i>et al.</i> (2012), Četojević-Simin <i>et al.</i> (2015), Dragišić-Maksimović <i>et al.</i> (2013).
Antocianinas 	cyanidin-3-soforósido, cyanidin-3-glucósido, pelargonidin-3-soforósido, cyanidin-3-rutinósido, pelargonidin-3-glucósido, pelargonidin-3-rutinósido.	Son pigmentos naturales pertenecientes a los flavonoides, otorgan el color rojo, azul y violeta. Reducen el riesgo de padecer enfermedades degenerativas.	Četojević-Simin <i>et al.</i> (2015), Dragišić-Maksimović <i>et al.</i> (2013).
Compuestos volátiles  (+)- α -pinene (-)- α -pinene	α -pineno, citral, β -pineno, felanderreno, α -ioneno, y β -ioneno.	Contribuyen principalmente al aroma y al sabor del fruto. Presentan también propiedades anti-inflamatorias y antibióticas.	Sinha (2006).



El ácido elágico, es un derivado dimérico del ácido gálico, y un compuesto anti-carcinogénico y anti-mutagénico. Los elagitaninos son ésteres de glucosa con ácido hexahidroxidifénico y cuando se hidroliza, el ácido elágico y dilactona de ácido hexahidroxidifénico son producidos. Estudios del efecto del ácido elágico en roedores mostró una reducción y prevención de ciertos tipos de cáncer. Cuando se añadió a cultivos “in vitro” de células con cáncer, el ácido elágico muestra una acción de pausa a la división celular y las células eventualmente murieron por apoptosis, evitando la acción en células saludables. Sin embargo, actualmente, la función del ácido elágico en pacientes humanos con cáncer está inconclusa (Sinha, 2006).

Del mismo modo se estudios han demostrado que el extracto de frambuesa tiene propiedades neuro-protectoras sobre un modelo celular degenerativo mediante la inhibición de la degeneración del material genético llevado a cabo por peroxinitritos (Chen *et al.*, 2012, 2013; Fortalezas *et al.*, 2010).

Otro aporte de las frambuesas es que son ricas en vitamina C, la cual también tiene propiedades antioxidantes y es capaz de neutralizar la influencia negativa de los radicales libres. Ayudando también como tratamiento contra la hipertensión y en la prevención de enfermedades cardiovasculares al favorecer la resistencia capilar (Botanical online, 2015). La frambuesa también es una fruta rica en ácido fólico y vitamina B9; donde el primero, a nivel celular es necesario para la formación de las proteínas y otros procesos celulares. Así se ayuda a evitar problemas de mala formación o del crecimiento incorrecto del feto. La frambuesa aporta una cantidad considerable de vitamina A (0.06 mg), lo cual ayuda a conservar la vista en buen estado, ya que ayuda a incrementar la agudeza visual y prevenir la pérdida de visión, la ceguera nocturna, cataratas o glaucoma; así como la prevención de infecciones bacterianas como la conjuntivitis (Botanical online^a, 2015).

2.1.5. Conservación e industrialización.

Debido a que las frambuesas son frutos delicados que se deterioran rápidamente, su consumo en fresco es limitado y posible principalmente en producciones locales. No obstante, nuevas tecnologías de empaque, como las atmósferas modificadas y controladas, permiten su conservación durante más tiempo (Stéger-Maté, 2006).

La disponibilidad de frambuesas congeladas, en puré, mermelada, jalea, jugo, jarabes concentrados, y secos, permiten disfrutar del sabor de esta fruta durante todo el año



(Sinha, 2006). En la Tabla 6 se resumen los principales métodos de conservación de frambuesa.

Tabla 6. Métodos de conservación de frambuesa fresca y derivados.

Tipo de conservación	Método de conservación
Física	Refrigeración
	Congelación
	Pasteurización
	Secado
	Atmósferas modificadas y controladas
Química	Adición de azúcares
	Antioxidantes
	Sustancias desinfectantes

Fuente: Elaboración propia con información de Sinha (2006) y Stéger-Maté (2006).

No obstante, los tipos de procesamiento mencionados alteran las propiedades originales del producto, ya sea por la adición de azúcares como en el caso de las mermeladas, o por la degradación de sus compuestos de fenólicas, por la acción del frío (en el caso de la congelación como método de conservación) o por causa de altas temperaturas, como en el caso de la producción de jugos y de mermeladas. La figura 6 ilustra los principales productos derivados de frambuesa.



Figura 6. Productos elaborados a base de granada. Fuente: Stéger-Maté (2006).



Por lo que se requiere una manera de procesamiento que permita conservar los compuestos de interés, así como aumentar la vida de anaquel de los productos, dicha alternativa se encuentra en el procesamiento mínimo.

2.2. Productos mínimamente procesados (PMP).

Las demandas de los consumidores por productos saludables y frescos que no sean altamente perecederos lleva a la industria alimentaria a aplicar nuevos y más ligeros métodos y técnicas de preservación, que satisfagan las demandas del mercado por productos con menor cantidad de conservadores, mayor valor nutritivo y características sensoriales de un producto en fresco. Esto es porque las tecnologías tradicionales de conservación afectaban en gran medida la apariencia, las cualidades sensoriales, y el valor nutricional de los productos, es por eso que las técnicas de procesamiento mínimo han emergido para enfrentar este reto reemplazando los métodos tradicionales de preservación al tiempo que conservan las propiedades nutricionales y atributos sensoriales del producto en fresco (Balla y Farkas, 2006).

Los alimentos pueden ser clasificados, como se describe en la Tabla 7, de acuerdo al tipo de procesamiento que lleve, tomando como los factores a evaluar en la clasificación: naturaleza, extensión, durabilidad del producto, y propósito general del procesamiento.

Tabla 7. Clasificación de los alimentos con base en su procesamiento.


Tipo de procesamiento	Características	Ejemplo
Procesamiento tipo 1 	Las técnicas y operaciones llevadas a cabo en este procesamiento no cambian sustancialmente las propiedades nutricionales de los alimentos frescos. Su objetivo principal es extender la vida útil del producto para posibilitar su almacenamiento o distribución. Generando los productos mínimamente procesados.	Productos cárnicos y vegetales mínimamente procesados, semillas sin aditivos.



Tabla 7 (Continuación). Clasificación de los alimentos con base en su procesamiento.

Tipo de procesamiento	Características	Ejemplo
<p data-bbox="232 468 506 548">Procesamiento tipo 2</p> 	<p data-bbox="545 468 1075 951">Consiste principalmente en operaciones de extracción y purificación de sustancias presentes en los productos frescos. Su principal objetivo es obtener materia prima secundaria para la industria alimentaria y para las actividades culinarias y debido al tipo de procesamiento experimentado han sido despojados de la mayoría de sus nutrientes naturales, por lo que únicamente aportan energía.</p>	<p data-bbox="1133 468 1382 898">Aceites vegetales, mantequilla, crema, azúcar, sal, almidones, harinas, pastas, jarabe de maíz, lactosa, proteína de leche, proteína de soya, gomas.</p>
<p data-bbox="232 966 506 1045">Procesamiento tipo 3</p> 	<p data-bbox="545 966 1075 1554">El propósito de este procesamiento de alimentos es la creación de productos durables, accesibles, prácticos, atractivos, listos para calentarse. Están formulados para reducir el deterioro microbiano, ser transportables por largas distancias, y ser bastante apetecibles. Los alimentos ultra-procesados presentan la problemática de no se presentar un aporte nutrimental debido a los procesos degenerativos causados principalmente por las operaciones térmicas empleadas.</p>	<p data-bbox="1133 966 1382 1455">Panes, galletas, helados; mermeladas; chocolates, caramelos, barras de cereal, cereales con azúcar añadida; frituras, salsas; quesos; gaseosas azucaradas, etc.</p>

Fuente: Monteiro y Canon (2012).

El propósito original del procesamiento mínimo era minimizar los tratamientos térmicos, usados para la desinfección del producto, con el fin de reducir la pérdida de calidad que se produce por tratamientos largos a alta temperatura. El objetivo de reducir la pérdida nutrimental y extender la vida de anaquel del producto llevó al desarrollo de nuevos tratamientos para alcanzar un balance entre conservación y calidad (Balla y Farkas, 2006).



2.2.1. Definición de procesamiento mínimo.

No existe una definición específica acerca de lo que es el procesamiento mínimo de los productos hortofrutícolas; sin embargo, las definiciones que se presentan a continuación manejan en común los factores de calidad nutricional y fresca (Figura 7).

- ⊗ La asociación internacional de vegetales frescos cortados define los vegetales mínimamente procesados como «productos enteros, prácticos y listos para consumir, dichos productos son frutas, vegetales, o combinación de las mismas, cuyo estado físico ha sido alterado de su forma original, pero que permanecen en estado fresco. Los frutos y vegetales han sido seleccionados, pelados, lavados y cortados, y que son envasados o pre-empacados para ofrecer al consumidor: practicidad, alto valor nutritivo y fresca» (IFPA, 2015).
- ⊗ El procesamiento mínimo es aquel que tiene una influencia mínima en la calidad de las características del alimento mientras que, al mismo tiempo, otorga al alimento suficiente vida de anaquel durante el almacenamiento y la distribución (Huis in't Veld, 1996).
- ⊗ Las tecnologías de procesamiento mínimo son técnicas que preserva la comida pero que también mantiene la calidad de sus características nutricionales y sensoriales por medio de la reducción de la confianza en el calor como la principal vía de acción preservativa (Fellows, 2000).
- ⊗ «Mínimamente procesado» es un término que se aplica a diferentes tipos de productos como vegetales y frutos pre-cortados y pre-empacados para un corto almacenamiento en refrigeración, y alimentos ligeramente cocidos o pasteurizados que pueden ser almacenados en condiciones de refrigeración por más de una semana (Balla y Farkas, 2006).



Figura 7. Ejemplo de productos mínimamente procesados. Fuente: IFPA (2015).



2.2.2. Procesamiento de los PMP.

Es vital entender la naturaleza de las frutas y vegetales recolectados, así como de los efectos de la prácticas de manejo, para mantener el producto en óptimas condiciones para que pueda salir al mercado. Debido a la diversidad de productos, es imposible proponer un manejo específico para cada uno de ellos, pero se puede apostar por que las prácticas sean las más adecuadas de manera individual (Yildiz, 1994).

El procesamiento mínimo requiere una serie de pasos o etapas principalmente de naturaleza física, aunque sus efectos puedan afectar a cambios biológicos, químicos y físicos en el producto. Las operaciones unitarias principales a las que se ven sometidos los productos hortofrutícolas destinados al procesamiento mínimo, mostradas en la Figura 8, se clasifican en tres grupos: operaciones de manejos de materiales, operaciones de preparación (que se dividen a su vez en operaciones de separación y de contacto multifase, y operaciones de reducción de tamaño) y operaciones de distribución (Yildiz, 1994), explicadas en la Tabla 8.

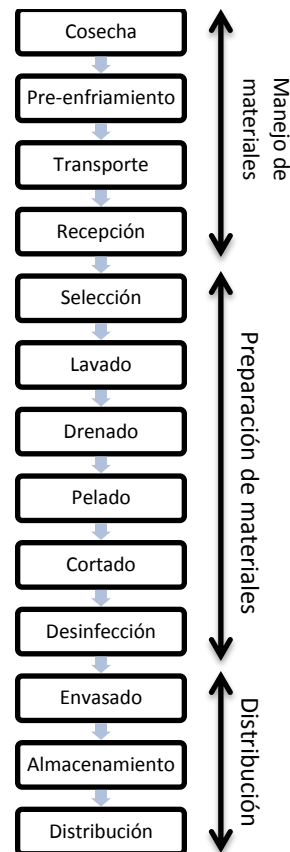


Figura 8. Principales operaciones unitarias de los productos mínimamente procesados.



Tabla 8. Descripción de las principales operaciones unitarias de los productos mínimamente procesados.

Operación	Descripción
Cosecha	Es heterogénea y depende de cada producto en específico, se refiere a la recolección del mismo del fruto del campo. La cosecha debe llevarse a cabo en la adecuada etapa de madurez de cada producto y se recomienda llevarla a cabo a la temperatura más baja del día para mantener la calidad del producto.
Pre-enfriamiento	Su objetivo es retirar el calor de campo para reducir la tasa de respiración, reducir la pérdida de agua, detener el crecimiento de microorganismos encargados del deterioro y por ende preservar la calidad del producto. Es importante para productos sensibles como las bayas.
Transporte	El llevar el producto del campo a las plantas industriales es una operación delicada causante de gran parte de las pérdidas post-cosecha. Para preservar la calidad se usan empaques que reduzcan el daño mecánico así como sistemas de enfriamiento y una alta humedad relativa.
Recepción	Durante la recepción, en la mayoría de los casos se interrumpe la cadena de frío, de manera que se debe extremar cuidado para conservar el producto, parte de esto es logrado con la reducción de distancia del área de descarga al interior del recinto.
Selección	Después de que los productos han sido recibidos deben ser transferidos a una cámara de máximo 20°C dependiendo de las características de los mismos para que puedan descartarse los productos en mal estado así como separarse por factores como el tamaño, el mercado destino y las operaciones subsecuentes.
Lavado	Es la remoción de materia extraña como tierra, arena, residuos de fertilizante, o insectos. El agua con que son lavados los productos debe ser de buena calidad para reducir los riesgos de contaminación. En este punto se vuelve listo para comer.

Fuente: Yildiz (1994), Monteiro y Canon (2012), Balla y Farkas (2006).



Tabla 8 (Continuación). Descripción de las principales operaciones unitarias de los productos mínimamente procesados.

Operación	Descripción
Secado	Para eliminar la humedad excedente del producto y que ésta genere un acelerado deterioro del mismo por acción microbiana se suele llevar a cabo un secado a una humedad menor al 10% en la superficie, este proceso puede ser bien por centrifugación o en un túnel de aire.
Pelado	Es la remoción de la capa exterior de una fruta o vegetal y puede ser llevada a cabo por diversos métodos como son: manual, con agua hirviendo, con calor infrarrojo, altas presiones de vapor, etc.
Cortado	Es la reducción del tamaño para formar trozos uniformes y de forma y tamaño definido. Es un paso esencial para mejorar el sabor, la digestibilidad, facilidad de manejo, con algunas desventajas como el aumentar la respiración y suavizar el tejido vegetal.
Desinfección	Es el proceso crucial que permite la reducción microbiana del producto. Si bien se está empezando a hacer uso de nuevas tecnologías, tratadas más adelante, el método de desinfección más ampliamente usado son las soluciones cloradas a una concentración máxima de 200 ppm.
Envasado	Ya que los productos vegetales son organismos vivos que continúan respirando, el contenido de carbohidratos estará involucrado en procesos oxidativos. Por lo que se debe tener en consideración la atmósfera generada por dicho proceso metabólico para prolongar la vida útil del producto.
Almacenamiento	Una vez empacados los productos son almacenados en cámaras de refrigeración de máximo 5°C, a las también se les controla la humedad relativa y la concentración de gases que se encuentren en ella.
Distribución	Es el transporte a larga o corta distancia de los productos mínimamente procesados desde el productor hasta el consumidor, manteniendo una estricta cadena de frío aún en repartos locales.

Fuente: Yildiz (1994), Monteiro y Canon (2012), Balla y Farkas (2006).



Ya que la integridad tisular de estos productos es alterada durante su procesamiento, presentan una mayor perecibilidad que los productos sin procesar debido a cambios, principalmente físicos y bioquímicos, que ocurren en el producto.

2.2.3. Cambios bioquímicos en los PMP.

Los productos mínimamente procesados se deterioran después de la cosecha debido al envejecimiento fisiológico y el ataque microbiano, aunado al estrés por laceraciones causado por el procesamiento que también resulta en el daño celular, deslocalización de las enzimas y sustratos, los cuales conllevan un deterioro bioquímico como el pardeamiento, olores ajenos al producto y la pérdida de textura (Varoquaux y Wiley, 1994). Dentro de los desórdenes que existen en los productos se encuentran principalmente dos grupos: aquellos debidos a causas fisiológicas y los que se deben a desórdenes bioquímicos. Dentro de los primeros se cuentan: la desecación, los daños por frío, y los daños por CO₂, así como el estrés por daños mecánicos que conlleva la activación metabólica de los productos. Los principales síntomas o manifestaciones de estos fenómenos incluyen el aumento en la tasa de respiración y en algunos casos la producción de etileno dependiendo de la magnitud del estrés. Comprendidos en el segundo grupo se encuentran aquellos causados por las enzimas; las cuales, al igual que los sustratos, se localizan normalmente en diferentes compartimentos celulares y su transferencia se regula activamente. El procesamiento trae consigo la destrucción de las células superficiales y estrés por daño en los tejidos adyacentes, esto genera reacciones enzimáticas que causan alteraciones sensoriales como la pérdida de firmeza, la decoloración y sabores extraños en el producto (Varoquaux y Wiley, 1994). Los cambios anteriores se explican más detalladamente en la Tabla 9.



Tabla 9. Principales cambios presentes en los productos mínimamente procesados.

Cambio	Causa	Mecanismo de acción
Tasa de respiración	Estrés por daño mecánico, rompimiento de los tejidos vegetales por corte.	El daño de los tejidos por heridas genera un aumento en el metabolismo de las frutas y hortalizas lo que resulta en un rápido consumo del oxígeno del empaque.
Producción de etileno	Heridas expuestas, daños mecánicos, cambios en la temperatura, fluctuaciones en la concentración de gases.	La estimulación de la producción de etileno ocurre en un tiempo de latencia que va de los 10 a 30 min después de que el fruto ha sido sometido a una situación de estrés, lo cual genera cambios en el metabolismo del fruto acelerando la senescencia.
Sabores y olores extraños	Daño en la membrana que puede resultar en una modificación de la barrera de difusión de gases y compuestos volátiles.	Causados por la peroxidación enzimática de ácidos grasos insaturados. Dicha reacción es catalizada por la lipoxidasa y lleva a la formación de numerosos aldehídos y cetonas, las cuales otorgan estos aromas y sabores inusuales el producto.



Tabla 9 (Continuación). Principales cambios presentes en los productos mínimamente procesados.

Cambio	Causa	Mecanismo de acción
Decoloración	Daño mecánico, pérdida de la integridad de la membrana celular, que estimulan la acción de enzimas como: polifenol oxidasa (PPO), clorofilasa, fenilalanina liasa (PAL), clorofila oxidasa, etc.	El daño de los tejidos celulares de los productos vegetales conlleva al pardeamiento enzimático. Ejemplo de ello son las ortobenzoquinonas que son convertidas en compuestos fenólicos y sufren una polimerización para pasar a ser melaninas.
Pérdida de firmeza	Cortado o pelado y la acción de enzimas pectinolíticas o proteolíticas.	La carencia de barrera protectora permite un paso indiscriminado de la humedad producto. Las enzimas migran al interior del fruto impidiendo la regeneración de la membrana celular.
Valor nutritivo	Daño de los tejidos, exponiendo el interior sensible a efectos de luz y oxígeno así como la aceleración de la senescencia.	Los compuestos antioxidantes y otros compuestos bioactivos se degradan con mayor facilidad al contacto de luz y oxígeno. También se tiene contacto de sustratos con enzimas como el: ascorbato oxidasa, polifenol oxidasa, citocromo oxidasa, y la peroxidasa.
Población de microorganismos	Cortes, centrifugación, lavado, secado.	La fuente de contaminación se debe al contacto directo del tejido celular del tejido vegetal con el equipo, agua, personal o ambiente. Durante estos procesos las células destruidas liberan sus nutrientes del tejido vegetal, aumentando el contacto con los microorganismos.

Fuente: Varoquaux y Wiley (1994)



La mayor parte de los microorganismos presentes en los productos mínimamente procesados y que se requiere controlar para tener una adecuada calidad sanitaria son los mismos que se encuentran en los productos frescos, algunos de ellos se citan en la tabla 10.

Tabla 10. Microorganismos presentes en los productos mínimamente procesados.

Microorganismo	Agente	Efecto	Control
Patógenos	<i>Aeromonas</i> spp, <i>L. monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> , spp. <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>Shigella</i> , <i>V. cholerae</i> , <i>Y. enterocolitica</i> , <i>C. botulinum</i>	<i>Salmonellosis</i> , <i>gastroenteritis</i> , <i>botulismo</i> ,	Lavado, desinfección, adición de aditivos que aumenten el pH del sistema.
Microorganismos de deterioro	<i>Pseudomonas</i> spp., <i>Erwini.</i> , bacterias ácido lácticas, levaduras.	Podredumbre bacteriana, consumo de nutrientes, fermentación.	Lavado, desinfección, almacenamiento en condiciones de refrigeración.
Mohos	<i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizopus</i> <i>Penicillium</i> .	Podredumbre blanca, podredumbre negra, podredumbre gris.	Lavado, desinfección control de atmósfera y pH del producto.

Fuente: Elaboración propia con información de Brackett (1994), Rajkowski y Baldwin (2003), y Gil y Allende (2012).

2.2.4. Nuevas tecnologías de conservación de PMP.

Recientemente, un nuevo tipo de procesamiento ha tomado auge, para minimizar los daños causados por las técnicas tradicionales de conservación de los productos mínimamente procesados refrigerados (PMPR). Varios tratamientos físicos no térmicos están emergiendo y probando su eficiencia para mejorar la sanidad microbiana de los productos mínimamente procesados. Sin embargo, para que estas nuevas tecnologías surtan efecto se requiere diseñar condiciones de proceso para cada material, de manera que se conozca el nivel de tolerancia tanto de los diferentes microorganismos como del producto mismo en situaciones específicas (Balla y Farkas, 2006).



2.2.4.1. Métodos de desinfección de los PMP.


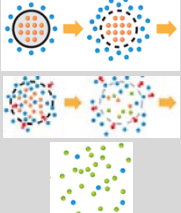
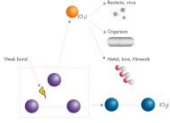
De acuerdo a la recopilación de métodos de desinfección de productos mínimamente procesados llevada a cabo por Gómez-López (2012a) los métodos de desinfección se agrupan en tres grandes rubros:

- Métodos químicos. Comprende el empleo de ozono, soluciones cloradas, aplicación de aceites esenciales, ácido peroxiacético, etc.
- Métodos físicos. Incluyen el tratamiento con irradiación UV-C, un tratamiento térmico suave, radiación ionizante, ultrasonido, pulsos electromagnéticos, pulsos con luz blanca.
- Métodos biológicos. Hace referencia al empleo de: bacteriófagos, cultivos protectores y bacteriocinas.

En la Tabla 11 se resumen algunos de los métodos de desinfección más ampliamente usados en frutos y vegetales que son sometidos al procesamiento mínimo, con base en la clasificación citada anteriormente.




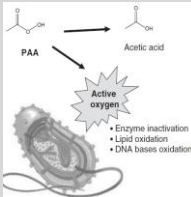

Tabla 11. Métodos de desinfección para vegetales mínimamente procesados.

Método	Definición	Mecanismo de acción	Referencia
<p>Cloruro</p> 	<p>Es de los compuestos con mayor disponibilidad comercial por ser alternativas económicas y prácticas. Los agentes liberadores de cloro son ampliamente usados para reducir la población microbiana.</p>	<p>Su acción se debe a la reactividad del ácido hipocloroso y el ion hipoclorito causados por la hidrólisis del compuesto en soluciones acuosas. Dichos compuestos interfieren con las funciones de la membrana celular, desnaturalización del ácido nucleico, y el mal funcionamiento de enzimas y proteínas por la unión de grupos sulfhidrilo.</p>	<p>Chaidez <i>et al.</i> (2012)</p>
<p>Agua electrolizada</p> 	<p>Son creadas por la electrólisis de soluciones diluidas de cloruro de sodio en una cámara electrolítica, estando libres de residuos clorados.</p>	<p>Si bien su mecanismo de acción no está completamente definido, se tienen tres principales causas de la acción antimicrobiana de dichas soluciones: la presencia de compuestos clorados, el bajo nivel de pH de la solución y la alta presión osmótica interna.</p>	<p>Al-Haq y Gómez-López (2012)</p>
<p>Ozono</p> 	<p>Híbrido con efecto de resonancia causada por la fuerte naturaleza electrofílica de la molécula. El ozono puro es un gas azulado parcialmente soluble en agua. Dicha solubilidad y estabilidad del compuesto en agua son inversamente proporcionales a la temperatura y pH del medio.</p>	<p>El principal efecto es un cambio en la estructura de la membrana celular, seguido de una liberación de componentes celulares y eventualmente la lisis celular, la cual permite la interacción del ozono con el ADN y finalmente la muerte del microorganismo</p>	<p>Ölmez (2012)</p>

Métodos químicos



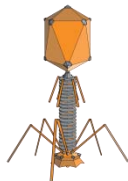

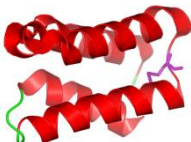
Tabla 11 (Continuación). Métodos de desinfección para vegetales mínimamente procesados.

Método	Definición	Mecanismo de acción	Referencia
<p>Peróxido de hidrógeno</p> 	<p>Es un compuesto químico que consiste de dos átomos de hidrógeno y dos átomos de oxígeno. La dilución de este compuesto se usa como un desinfectante tópico clasificado como GRAS.</p>	<p>A bajas concentraciones de H₂O₂ se provoca un daño en el material genético que resulta en la mutagénesis y muerte de microorganismos.</p>	<p>Ukuku <i>et al.</i> (2012)</p>
<p>Ácido peroxiacético</p> 	<p>Es un líquido incoloro sin capacidad de producir espuma, con un fuerte aroma ácido y un bajo pH. Se produce por la reacción de ácido acético con peróxido de hidrógeno en presencia de ácido sulfúrico.</p>	<p>Su actividad se basa en la liberación de oxígeno activo. Los enlaces sulfhidrilo, y sulfúrico en proteínas, enzimas y otros metabolitos son oxidados, acción causante de la ruptura de la pared celular.</p>	<p>González-Aguilar <i>et al.</i> (2012)</p>
<p>Aceites esenciales</p> 	<p>Compuestos aromáticos y líquidos aceitosos volátiles obtenidos de material vegetal como flores, botones, semillas, frutos, hojas, tronco y raíces. Se forman en células especiales o grupos de células y se obtienen por fermentación, prensado, o extracción, el método de destilación por arrastre de vapor es el método más común para su obtención.</p>	<p>Su mecanismo de acción está asociado a la degeneración de la pared celular generando daño estructural y funcional a la bicapa fosfolipídica de la membrana citoplásmica, esto genera la fuga de iones y contenido celular, ruptura de sistemas enzimáticos, oxidación de ácidos grasos, coagulación del citoplasma y la destrucción de la fuerza motora de la célula,</p>	<p>Barry-Ryan y Bourke (2012)</p>

Métodos químicos




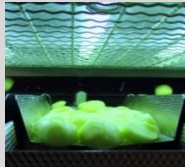
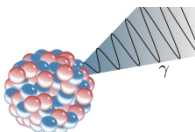

Tabla 11 (Continuación). Métodos de desinfección para vegetales mínimamente procesados.

Método	Definición	Mecanismo de acción	Referencia
Bacteriófagos 	Son virus que infectan las células bacterianas y provocan la lisis de las células de los microorganismos. Son organismos parasitarios que no tienen la habilidad para infectar humanos y otros animales, lo que los hace seguros para el consumo humano.	La inactivación de bacterias se lleva en diferentes etapas en las que el virus se adhiere a receptores específicos de la pared celular como proteínas, oligosacáridos y lipopolisacáridos, con el fin de insertar su material genético en el huésped siguiendo los procesos de transcripción genética generando virus y provocando la lisis celular.	Sharma y Sharma (2012)
Cultivos protectores 	Se refiere al uso de células microbianas o los productos celulares para la inhibición de otros microorganismos que puedan deteriorar los sustratos alimenticios o presentar un riesgo de transmisión humana por el consumo.	Los mecanismos de competencia como la producción de sustancias antimicrobianas, aumento del metabolismo y la competencia por los nutrientes disponibles, son medios por el cual el cultivo protector supera al microorganismo que se quiera controlar.	Gálvez <i>et al.</i> (2012b)
Bacteriocinas 	Se definen como péptidos o proteínas antimicrobianas sintetizados en los ribosomas que actúan como metabolitos de inhibición.	Las bacteriocinas actúan al insertarse en la membrana citoplásmica, en donde la interacción ocurre a través de las moléculas constructivas en la célula bacteriana, así como en los protoplastos y las vesículas membranales provocando la lisis celular.	Gálvez <i>et al.</i> (2012a)

Métodos biológicos



Tabla 11 (Continuación). Métodos de desinfección para vegetales mínimamente procesados.

Método	Definición	Mecanismo de acción	Referencia
Tratamientos térmicos ligeros 	Es el método de preservación más ampliamente usado en el procesamiento de alimentos. Los métodos más populares para la desinfección de productos vegetales son: vapor, tratamiento de aire caliente forzado, inmersión en agua caliente.	. El modo de acción del agua caliente se debe al daño celular y efectos sobre el huésped como mecanismos de resistencia.	Barry-Ryan (2012)
Irradiación UV-C 	Comprende un rango de 200 a 280 nm del espectro. Las fuentes clásicas de luz UV-C son lámparas de mercurio que emiten un pulso con una longitud de onda de 253.7 nm. Es un tratamiento no ionizante.	El efecto es debido a la formación de dímeros de timina, como los dímeros de ciclobutano pirimidina, los cuales detienen la replicación de ADN.	Gómez-López (2012b)
Radiación ionizante 	Se denomina radiación ionizante a los rayos gamma, rayos X y los rayos de electrones, debido a que son capaces de producir iones, átomos o moléculas electrónicamente cargados, al golpear los electrones fuera de sus orbitales.	Se daña directamente un objetivo sensible como las vértebras de fosfato de los carbohidratos o las bases del ADN. El efecto indirecto se da por el efecto de iones, radicales libres y otras especies reactivas a través del agua del alimento.	Fan (2012)
Pulsos luminosos 	Es una tecnología emergente no térmica utilizada principalmente para descontaminar superficies y líquidos transparentes empleando pulsos de amplio espectro de luz en la que la UV-C es la más letal.	El efecto es similar al de la irradiación UV-C presentando un efecto fotoquímico generando dímeros de timina que impide la replicación celular.	Gómez-López (2012 ^c)

Métodos físicos



Tabla 11 (Continuación). Métodos de desinfección para vegetales mínimamente procesados.

	Método	Definición	Mecanismo de acción	Referencia
Métodos físicos	Ultrasonido	Se refiere a ondas de presión de 20 a 100 kHz en un líquido, las cuales son capaces de inactivar microorganismos y enzimas.	La inactivación es causada por cavitación (formación de burbujas en un líquido implotando) celular, lo cual causa daño de la pared celular, membranas internas y organelos.	Gómez-López (2012c)

2.2.4.2. Métodos de envasado.

El envasado de los productos es una técnica importante que ha ido mejorando y que presenta varias características que lo hacen deseable para el uso de productos frescos o mínimamente procesados. En primera, los envases transparentes son útiles desde el enfoque de publicidad porque permiten proveer la información requerida por el consumidor al tiempo que permiten que éste vea el producto que está comprando. Y más importante, minimiza la deshidratación del producto, la cual es una causa principal del deterioro de los PMP (Brackett, 1994).

Un empaque debe proteger y contener el producto desde lugar y tiempo de manufactura al punto de consumo. El uso de películas poliméricas en los empaques de productos frescos se ha practicado por varias décadas para proteger los frutos y vegetales de contaminantes ambientales, asimismo se utilizan envases perforados para reducir la pérdida de humedad durante el almacenamiento y traslado mediante la reducción de la deficiencia de vapor de agua entre el producto y el medio (Schlimme y Rooney, 1994).

Existen diversos métodos de envasado que pueden aplicarse para los productos mínimamente procesados de origen hortofrutícola como lo son: el método tradicional, el envasado al vacío, el envasado en atmósferas modificadas o almacenamiento en atmósferas controladas, dichas técnicas se explican brevemente en la Tabla 12.



Tabla 12. Métodos de envasado empleados en productos vegetales.

Método de envasado	Características
Tradicional	El sistema de envasado actúa como una barrera limitante entre el producto y el medio exterior, de manera que se eviten contaminaciones cruzadas con alimentos, manipuladores o el ambiente.
Vacío	El producto se empaqueta en un material con baja permeabilidad al oxígeno y el aire es evacuado para después sellar inmediatamente el producto.
Atmósferas modificadas	La atmósfera que rodea al producto dentro del empaque sufre modificaciones por cuestiones metabólicas o por manipulación externa.
Atmósferas controladas	Se monitorea la concentración de gases que se utiliza para la modificación de la atmósfera, regulándose durante el período de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia con información de González-Aguilar (2009) y Guevara (2010)

Sin importar la técnica de envasado, el empaque debe cumplir con las siguientes funciones con el fin de conservar o preservar la calidad del producto durante el mayor tiempo posible (Schlimme y Rooney, 1994):

- ⊗ Prevenir la pérdida de producto por filtración, derrame o hurto.
- ⊗ Proteger el contenido de fuerzas externas de origen físico, mecánico y biológico durante el almacenamiento, distribución y venta.
- ⊗ Preservar el contenido y prevenir de manera directa o indirecta la descomposición química o disminución de la calidad del producto contenido.
- ⊗ Facilitar el llenado y cerrado del envase y proveer de una estructura correcta de cierre.
- ⊗ Soportar condiciones térmicas a las cuales sea sometido el producto tanto en su producción como en su período de postproducción.
- ⊗ Proveer una apariencia, color, textura y diseño deseable y que a la vez permita el correcto etiquetado del producto.



- ⊗ Presentar todos los criterios de regulación con respecto a los materiales de construcción del envase.
- ⊗ Proveer un nivel mínimo o aceptable de interacción entre el producto contenido y el envase.

Sin embargo, ya que el fin es el de aumentar la vida útil del producto, se recurre continuamente al empleo de envases de atmósferas modificadas.

2.2.4.2.1. Envasado en atmósferas modificadas.

Las frutas frescas continúan respirando después de haber sido cosechadas; esto significa que el contenido de carbohidratos en los frutos como sustrato de la respiración se verá implicado en un proceso oxidativo. Los productos de dicho proceso serán CO_2 , agua y energía en forma de calor. La tasa de respiración es altamente afectada por la temperatura, así como por las concentraciones de CO_2 y O_2 . (Balla y Farkas, 2006). Es por eso que para aumentar la vida de anaquel de los productos, se debe controlar principalmente la liberación de gases (principalmente oxígeno y dióxido de carbono) a la atmósfera a una temperatura determinada. Cuestión que en general se hace por medio de películas plásticas con diferentes permeabilidades a los gases de interés para controlar la tasa de respiración de los frutos durante su almacenamiento. Los principales gases involucrados en los envases de atmósferas modificadas y su función se ejemplifican en la Tabla 13.

Tabla 13. Gases involucrados en los envases de atmósferas modificadas.

Gas	Función
Nitrógeno	Es parcialmente soluble tanto en agua como en grasas y no tiene efecto intrínseco sobre los microorganismos de manera que principalmente es utilizado para el desplazamiento del oxígeno por ser un gas inerte y de esa manera reducir las reacciones oxidativas e inhibir microorganismos aerobios.
Oxígeno	Ayuda a preservar el color del producto y mantiene la respiración de los productos frescos alargando su vida útil.

Fuente: elaboración propia con información de Yuan, (2003).



Tabla 13 (Continuación). Gases involucrados en los envases de atmósferas modificadas.

Gas	Función
Dióxido de Carbono	Altamente soluble en agua y lípidos. Su concentración debe ser controlada ya que a altas concentraciones puede alterar el sabor del producto por la formación de ácido carbónico. Presenta efectos inhibitorios en bacterias siendo las Gram-negativas más sensibles a este gas que las bacterias Gram-positivas.
Argón y otros gases nobles	Su función es similar a la del nitrógeno; sin embargo, debido a su peso molecular, son gases más pesados que el nitrógeno por lo que el efecto inerte y la eficiencia de inactivación son mejores.

Fuente: elaboración propia con información de Yuan (2003).

Una atmósfera modificada puede ser creada ya sea pasivamente o activamente. Una atmósfera pasiva es creada a partir de la evolución de la respiración del producto dentro de un envase herméticamente sellado, es decir a partir del consumo de O_2 y la producción de CO_2 ; por lo que es importante que se elija adecuadamente el film de acuerdo a su permeabilidad a los gases de la respiración para que se adecuen a las características de respiración del producto y de esta manera alcanzar una atmósfera de equilibrio apropiada para el mismo. Los envases activos se crean generando un ligero vacío en el empaque para reemplazar la atmósfera propia con una mezcla programada de CO_2 , O_2 y N_2 , de manera que se genere una atmósfera de equilibrio más rápidamente que con una atmósfera pasiva (UNIDO, 2012).

La mezcla de gases de un envase de atmósfera modificada activamente presenta tres funciones principales, las cuales son:

- ⊗ El control de la tasa de respiración.
- ⊗ Mantenimiento o mejoramiento de los atributos del producto.
- ⊗ Retardar la tasa de crecimiento de microorganismos responsables del deterioro.

El avance en la tecnología de empaque ha permitido a los procesadores de alimentos proveer a los consumidores con alimentos más frescos y saludables; sin embargo, una vez que el producto es distribuido, es difícil determinar si la seguridad del producto seguirá manteniéndose una vez que llegue al consumidor final, ya que durante este



período, una fractura no detectada del producto pudo haber permitido la entrada de aire o la temperatura pudo no haber sido la óptimo por ignorancia o descuido. De este modo se genera la tendencia de incorporar elementos funcionales, intrínsecos o extrínsecos, que permitan reducir o eliminar los riesgos de sanidad del producto. Algunos de estos elementos se enlistan en la Tabla 14.

Tabla 14. Elementos funcionales de los envases.

		Elemento	Descripción
Factores intrínsecos		Secuestradores de oxígeno	Siendo el oxígeno una de las principales causas de deterioro alimentario, causando oxidación de lípidos, rancidez, crecimiento microbiano de bacterias aerobias, pérdida de sabor y decoloración, retirar dicho elemento del espacio de cabeza es crítico para prevenir dichos problemas y mantener la frescura del producto.
		Secuestradores de etileno	El etileno, hormona vegetal, tiene gran efecto sobre las frutas y hortalizas como son la aceleración del envejecimiento y un deterioro más rápido. Se incluyen secuestradores que usan permanganato de potasio, que oxidan el etileno a acetato y etanol y posteriormente en dióxido de carbono y agua. Se encuentra en celita, sílica gel u otro material inerte, y es insertado en las películas del envase o se colocan como sacos.
		Control de humedad	El control de humedad se da para tener un rango en el cuál el producto no se deshidrate pero que no permita el crecimiento microbiano. Se colocan una serie de parches absorbentes para controlar la humedad excedente, normalmente compuestas por una capa de gel que atrapa líquido y microorganismos, impidiendo su crecimiento.
		Indicadores de frescura	Indican el deterioro debido a un mal control de temperatura, fracturas de empaque, etc. Se emplean diferentes dispositivos, que parten desde lo químico hasta biológico. Por ejemplo, si un metabolito de un microorganismo es detectado, el indicador específico para ese metabolito será activado y producirá una señal visible para el consumidor.
		Indicadores de tiempo-temperatura	Similares a los indicadores de frescura, son dispositivos que proveen evidencia irreversible de que un límite de temperatura ha sido excedido durante un determinado tiempo. La reacción puede ser química, física, o enzimática y es usualmente apreciada por un cambio de color.

Fuente: elaboración propia con información de Yuan, (2003).



Tabla 14 (Continuación). Elementos funcionales de los envases.		
	Elemento	Descripción
Películas antimicrobianas	Recubrimientos comestibles	Se usan para inhibir la migración de humedad, oxígeno, y otros elementos mientras que al mismo tiempo sirven como agentes antimicrobianos, antioxidantes, y compuestos de sabor. Son aplicados directamente sobre el alimento por medio de aspersión, inmersión u otras técnicas de aplicación.
	Mejoradores de aroma	Actuando como complemento a los agentes microbianos, se agregan compuestos volátiles a la película del envase con el fin de estimular los sentidos.
Factores extrínsecos	Limpieza	Se requiere un sistema efectivo de prácticas de sanidad, buenas prácticas de manufactura, y otros programas de sanidad alimentaria, ya durante el procesamiento mínimo es influyente la calidad de las condiciones de elaboración.
	Prácticas de barrera	Es un concepto que ya se ha manejado desde hace más de un siglo y comprende en aplicar diversas estrategias que impidan el crecimiento microbiano, como pueden ser: el control de la actividad de agua, temperaturas de almacenamiento y la combinación de métodos de desinfección con la selección adecuada del empaque.

Fuente: elaboración propia con información de Yuan, (2003).

2.2.4.2.2. Materiales de empaque.

La selección y diseño de un envase en atmósferas modificadas tiene como meta el balance entre la tasa de respiración del producto mínimamente procesado y la permeabilidad de la película para mantener una atmósfera de equilibrio aceptable dentro del empaque de retrase el deterioro, maduración y senescencia del producto y por lo tanto extienda la vida útil del producto. Para que lo anterior se logre se deben tomar en cuenta los factores en listados en la Tabla 15.

Tabla 15. Factores que afecta el envase en atmósferas modificadas.	
Componente involucrado	Factor
Producto	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Tasa de respiración del producto a la temperatura de almacenamiento. ⌘ Cociente de respiración del producto a la temperatura de almacenamiento. ⌘ Cantidad del producto que será colocada en el envase. ⌘ Concentraciones de CO₂ y oxígeno necesarias para alcanzar la óptima reducción de la tasa de respiración.



Tabla 15 (Continuación). Factores que afecta el envase en atmósferas modificadas.

Componente involucrado	Factor
Película del empaque	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Permeabilidad del material de empaque al O₂, CO₂ y vapor de agua a la temperatura de almacenamiento. ⌘ Efecto de la humedad relativa en la permeabilidad de la película. ⌘ Superficie total del área de sellado del empaque. ⌘ Integridad de sellado del empaque.
Otros factores.	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Volumen libre dentro del empaque. ⌘ Velocidad de aire y humedad relativa que rodean al empaque.

Fuente: elaboración propia con información de Schlimme y Rooney, (1994) y Balla y Farkas (2006).

Teniendo en cuenta los factores del producto, es más sencillo elegir el material de empaque que beneficie la atmósfera de equilibrio, ya que la permeabilidad de la película está principalmente determinada por el material y el grosor de la película, así como los diferenciales de concentración gaseosa. Y ya que los productos mínimamente procesados de origen vegetal, utilizan una considerable consideración de oxígeno para sus funciones metabólicas, lo más conveniente es emplear películas que presenten alta permeabilidad al oxígeno para evitar una atmósfera privada de oxígeno (Balla y Farkas, 2006). Por el contrario, estudios han demostrado que las frambuesas presentan un incremento en su vida útil a bajas concentraciones de O₂ (de 3 a 10 %) y altas concentraciones de CO₂ (de 5 a 30 %) (Giovannelli *et al.*, 2014).

En la Tabla 16 se muestran algunos ejemplos de los materiales de películas más ampliamente utilizados en los envases de atmósferas modificadas con base en la permeabilidad que presentan a los gases mencionados anteriormente.

Tabla 16. Permeabilidad de películas plásticas

Tipo de película	Densidad (g/cm ³)	Vapor de agua g/m ² día	O ₂ (g/m ² día)	CO ₂ (g/m ² día)
Polietileno de baja densidad (PEBD)	0.92	15-22	6000-8000	540,000



Tabla 16 (Continuación). Permeabilidad de películas plásticas

Tipo de película	Densidad (g/cm ³)	Vapor de agua g/m ² día	O ₂ (g/m ² día)	CO ₂ (g/m ² día)
Polietileno de alta densidad (PEAD)	0.96	2	2100	7000
Polipropileno (PP)	0.88-0.90	3-10	1600-5300	4000-9000
Policloruro de vinilo (PVC)	1.25-1.45	40-100	300-8000	1500
Poliestireno (PS)	1.05	100-150	2200-6500	10,000-24,000
Cloruro de Polivinildieno (PVDC)	1.68	3	16	0

Fuente: Balla y Farkas (2006)

2.2.5. Aplicación de recubrimientos comestibles.

La búsqueda de métodos enfocados en retardar el crecimiento microbiano es de gran interés para los sectores encargados de la producción y preservación de los productos mínimamente procesados. Es por ello que las películas comestibles son consideradas como una estrategia para reducir los efectos de deterioro que tiene el procesamiento mínimo en los tejidos vegetales, esto mediante la reducción de la migración de humedad y sólidos, intercambio de gases, respiración, reacciones oxidativas y desórdenes fisiológicos (Rojas-Graü *et al.*, 2012).

Las películas y recubrimientos comestibles son definidos generalmente como matrices continuas que pueden ser generadas a partir de materiales comestibles. Los recubrimientos son aplicados o formados directamente sobre el alimento, mientras que las películas son estructuras de auto soporte que pueden ser usadas para envolver los productos alimentarios. Ambas se encuentran en la superficie del producto o bien como capas delgadas entre los componentes de un producto compuesto. La aplicación de recubrimientos comestibles en productos frescos consiste en la formación de una delgada capa de cualquier material comestible en la superficie de un fruto u hortaliza con el



propósito de generarle una atmósfera modificada, que retarde la transferencia gaseosa, reduzca la pérdida de humedad y aroma, retarde los cambios de color y que mejore la apariencia general del producto durante el almacenamiento (Rojas-Graü *et al.*, 2012).

Existe una amplia gama de compuestos que pueden ser empleados en la formulación de un recubrimiento comestible, como los son: polisacáridos, proteínas, y lípidos. Estos materiales son empleados para la formación de recubrimientos de manera individual o en conjunto. De la misma manera, en años recientes, las películas y recubrimientos comestibles se han reconocido por su alto potencial como portadores de compuestos activos como lo son: agentes anti-pardeamiento, nutrientes y compuestos antimicrobianos, los cuales pueden extender la vida útil del producto y reducir el riesgo de la generación de microorganismos patógenos en las superficies expuestas (Rojas-Graü *et al.*, 2012).

Los polisacáridos han sido empleados como materiales de recubrimiento para frutas de manera extensiva en años recientes. Estos polímeros naturales, presentan beneficios adicionales como su alta disponibilidad, bajo costo y capacidad de biodegradación; siendo esta última de gran interés ya que conlleva a la reducción de grandes cantidades de materiales no-biodegradables empleados en los materiales de empaque (Zhou *et al.*, 2008). Varios derivados de celulosa como metilcelulosa (MC), carboximetilcelulosa (CMC) e hidroxipropilmetil celulosa (HPMC) son producidos ampliamente de manera comercial. Recubrimientos comestibles con estos polisacáridos han sido empleados en gran variedad de frutos para proveerlos de humedad, barreras de oxígeno y dióxido de carbono, así como para mejorar la adhesión de las formulaciones del recubrimiento. Películas y recubrimientos que están basados en estos éteres de celulosa son generalmente transparentes, flexibles, inodoros, insípidos, solubles en agua y resistentes al efecto de CO₂ y O₂ (Jafarizadeh-Malmiri *et al.*, 2011). Especialmente la carboximetilcelulosa es un polisacárido aniónico cuya estructura es una de una larga cadena lineal soluble en agua, la cual al ser purificada es un polvo de tonalidad blanquecina, de fácil empleo y atractivo debido a su bajo costo de producción (Oluwaseun *et al.*, 2013).

2.2.6. Legislación de los PMP.

Hasta el momento, no existe una regulación nacional que trate acerca de los productos mínimamente procesados, ya sean estos de origen vegetal o de alguna otra procedencia, por lo que se requiere de la referencia de organizaciones como el Codex Alimentarius y la comisión de regulación Europea.



De acuerdo al Diario Oficial de la Unión Europea, en la comisión de regulación (EC) No 2073/2005 publicada el 15 de noviembre de 2005, acerca de los parámetros microbiológicos para productos alimentarios, indica los criterios que deben tomarse en cuenta para productos hortofrutícolas listos para ser consumidos:

- ⊗ Criterio de seguridad: el producto es satisfactorio si hay ausencia de *Salmonella* en 25 g del producto.
- ⊗ Criterios de higiene del proceso: el producto es satisfactorio si presenta menos de 100 UFC/g de *E. coli* y es aceptable si hay ente 100 y 1000 UFC/g.

Dentro del Codex Alimentarius, existen dos códigos estandarizados que hacen referencia a los productos frescos y mínimamente procesados de origen vegetal (Codex Alimentarius, 1995, 2003).

- ⊗ CAC/RCP 53-2003 (Código de prácticas de higiene para frutas y vegetales frescos). Trata de temas directamente relacionados con la producción como son: higiene ambiental, higiene de la materia prima, sanitización de la planta de procesamiento, mecanismos de control de amenazas, etc.
- ⊗ CAC/RCP 44-1995 (Código de prácticas para el envasado y transporte de frutos y vegetales frescos). Si bien trata del envasado de productos en frescos también se incorporan prácticas útiles aplicadas a los productos mínimamente procesados, como es el caso del pre-enfriamiento del producto al momento de la cosecha y los lineamientos con los que debe cumplir el medio de transporte.



3. Objetivos



3.1. Objetivo General.

Evaluar el efecto del tipo de envase en un producto mínimamente procesado de frambuesa (*Autumn bliss*) desinfectado con tecnología de irradiación UV-C, y ozono en los parámetros químicos, fisiológicos, de calidad y microbiológicos para establecer las condiciones que permitan alargar la vida útil del producto.

3.2. Objetivos Particulares.

Objetivo Particular 1.

Establecer el efecto de la ozonización (por 3 y 6 minutos) y la irradiación UV-C (por 15 y 30 minutos) en los parámetros de calidad (sólidos solubles totales, acidez, liberación de líquido, pH, pérdida de peso), fisiológicos (porcentaje de CO₂ y O₂ en el espacio de cabeza), químicos (contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante total) y microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) de un producto mínimamente procesado de frambuesa que permita la selección del método que mantenga la calidad y alargue la vida útil del producto.

Objetivo Particular 2.

Comparar el efecto de la conservación de frambuesa mínimamente procesada utilizando un envase de tereftalato de polietileno (PET) y un envase con una película de alta barrera al oxígeno en los parámetros de calidad (sólidos solubles totales, acidez, liberación de líquido, pH, pérdida de peso, color), fisiológicos (porcentaje de CO₂ y O₂ en el espacio de cabeza), químicos (contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante total), microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) y sensoriales del producto, y que alarguen la vida de anaquel del mismo.



4. Metodología

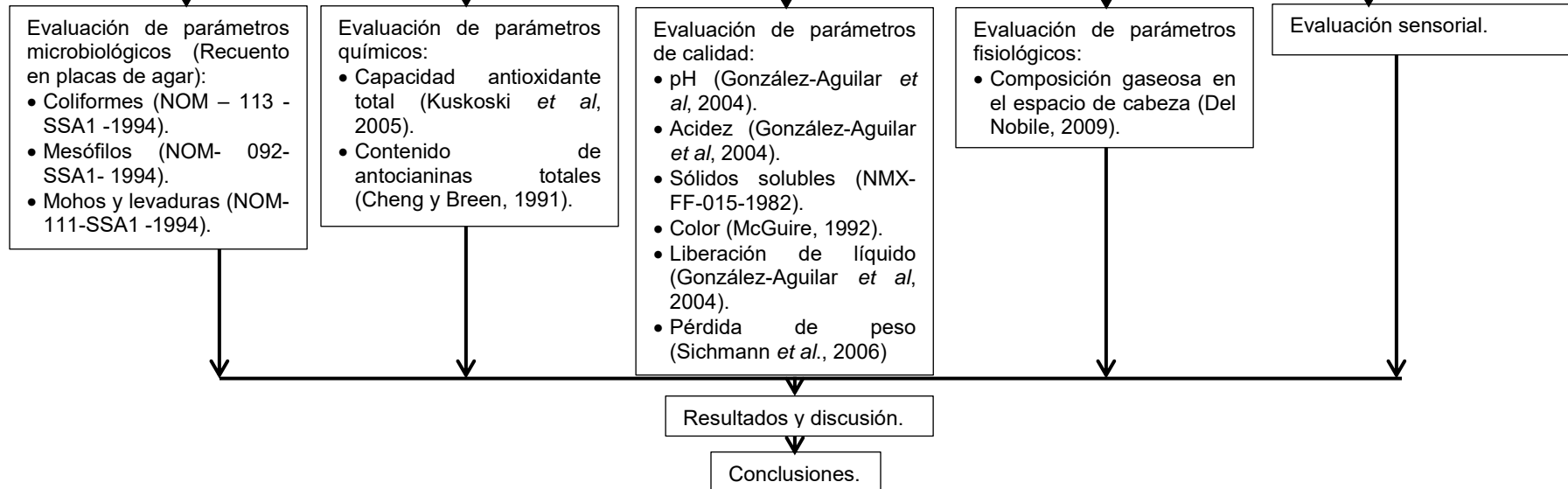


4.1. Cuadro Metodológico.

Objetivo General. Evaluar el efecto del tipo de envase en un producto mínimamente procesado de frambuesa (*Autumn bliss*) desinfectado con tecnología de irradiación UV-C, y ozono en los parámetros químicos, fisiológicos, de calidad y microbiológicos para establecer las condiciones que permitan alargar la vida útil del producto.

Objetivo Particular 1. Establecer el efecto de la ozonización (por 3 y 6 minutos) y la irradiación UV-C (por 15 y 30 minutos) en los parámetros de calidad (sólidos solubles totales, acidez, liberación de líquido, pH, pérdida de peso), fisiológicos (composición del espacio de cabeza), químicos (contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante total) y microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) de un producto mínimamente procesado de frambuesa que permita la selección del método que mantenga la calidad y alargue la vida útil del producto.

Objetivo Particular 2. Comparar el efecto de la conservación de frambuesa mínimamente procesada utilizando un envase de tereftalato de polietileno (PET) y un envase con una película de alta barrera al oxígeno en los parámetros de calidad (sólidos solubles totales, acidez, liberación de líquido, pH, pérdida de peso, color), fisiológicos (composición del espacio de cabeza), químicos (contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante total), microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) y sensoriales del producto, y que alarguen la vida de anaquel del mismo.





4.2. Material biológico.

Las frambuesas que se utilizaron fueron de la variedad *Autumn bliss*, provenientes de Michoacán, México. Los frutos se seleccionaron bajo los criterios de: ausencia notable de contaminación, sin evidencia de daño mecánico o de drupas reventadas de manera que pudiesen resistir el tratamiento al que serían sometidas.

4.3. Elaboración de frambuesa mínimamente procesada.

El proceso se llevó a cabo de manera manual bajo condiciones de refrigeración (10°C), trabajando en un área previamente sanitizada con una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 200 ppm. Los materiales utilizados para llevar a cabo el proceso (cucharones, recipientes, escurridores, contenedores, etc.) fueron desinfectados previamente con una solución de hipoclorito de sodio a la misma concentración. Los vasos que sirvieron de envase al producto, fueron desinfectados previamente con irradiación UV-C durante 20 minutos. El fruto después de haber sido seleccionado y separado por lotes fue desinfectado para finalmente ser envasados en porciones de 50 g. En la figura 9 se muestra el proceso que se llevó a cabo para la elaboración del producto mínimamente procesado.



Figura 9. Diagrama de proceso de frambuesa mínimamente procesada empleado en los objetivos del proyecto.



4.4. Evaluación del efecto del método de desinfección.

La frambuesa se sometió a diferentes métodos de desinfección bajo las siguientes condiciones: desinfectante comercial (Microdyn) 10mL/L por 3 minutos, ozono acuoso por 3 y 6 minutos, UV-C por 15, y 30 minutos sobre una bandeja metálica. Finalmente el producto fue almacenado en una incubadora a una temperatura constante de 4°C durante 9 días evaluando los parámetros de calidad, microbiológicos y químicos los días: 1, 3, 6 y 9, con el fin de seleccionar el agente más adecuado. Los parámetros se evaluaron con las técnicas descritas en el apartado 4.7.

4.5. Ajuste de las condiciones del tratamiento de irradiación UV-C.

Se realizó una comprobación del método de desinfección comparando el desinfectante comercial contra UV-C por 10 y 15 minutos almacenando el producto en una incubadora a temperatura constante de 4°C por 15 días, evaluando parámetros microbiológicos y de calidad los días 0, 3, 6, 9, 12 y 15. Los parámetros se evaluaron con las técnicas descritas en el apartado 4.7.

4.6. Evaluación del efecto de tipo de envase.

La frambuesa fue desinfectada con el método seleccionado acorde a la etapa 4.4 El envasado se llevó a cabo en cuatro diferentes modalidades: envase en vasos de PET sin recubrimiento, envase con una película de alta resistencia al oxígeno ($PO_2 = >100\text{cm}^2/\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{atm}$) sin recubrimiento, envase en vasos de PET con recubrimiento y envase con película de alta resistencia al oxígeno con recubrimiento. El producto fue almacenado en una incubadora a una temperatura constante de 4°C durante 16 días evaluando los parámetros de calidad, microbiológicos y químicos los días: 0, 4, 8, 12 y 16, con el fin de seleccionar el envase más adecuado. El recubrimiento fue aplicado por inmersión con una duración de 30 segundos, la composición del mismo en porcentaje peso/peso: CMC 0.5%, Glicerol 1.0%, y Tween 0.6%. Los parámetros se evaluaron con las técnicas descritas en el apartado 4.7.

4.7. Técnicas analíticas.

4.7.1. Parámetros químicos.

Determinación de capacidad antioxidante total (CAT).



Se llevó a cabo la extracción con una solución de metanol al 80%v/v con 250 μ g de peso fresco de la fruta, y se centrifugó por 15 minutos a 10,000 rpm de las cuales se extrajo el sobrenadante en dos ocasiones, obteniendo un volumen final de 2 mL. La cuantificación de CAT de los frutos fue llevada a cabo por la metodología propuesta por Kuskoski *et al.* (2005), en la cual el radical ABTS⁺ se obtiene tras la reacción de ABTS con persulfato de potasio, incubados a temperatura ambiente y protegidos del sol durante 16 horas. (Kuskoski *et al.*, 2005). Una curva patrón con seis puntos se elaboró variando la concentración del antioxidante sintético Trolox (Figura 10). La lectura de los puntos se realizó por triplicado como señal no inhibida y posteriormente se llevó a cabo la lectura transcurridos siete minutos para reportar la señal inhibida. Las muestras se trataron como señal no inhibida reportando los resultados se reportaron como μ M equivalente de Trolox por g de producto fresco (PF).

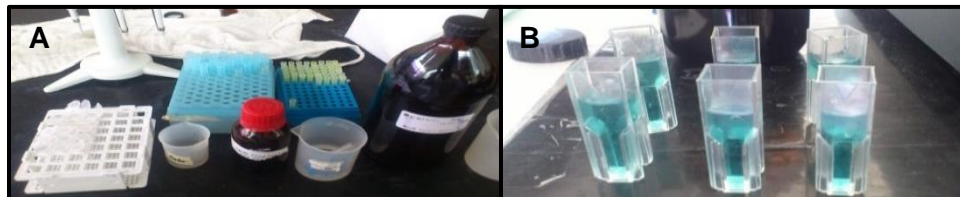


Figura 10. Determinación de capacidad antioxidante total. A) Curva Patrón. B) Tratamiento de muestras.

Determinación de contenido de antocianinas totales (CACIT).

La extracción se efectuó con una solución de metanol acidificado (HCl 1%v/v) a 250 μ g de peso fresco de fruta y se centrifugó durante 15 minutos a 10,000 rpm. El CACIT fue medido con el método de absorbancia de pH diferencial propuesto por Cheng y Breen (1991), en el que se mide la absorbancia a 510 y 700 nm de las muestras en una solución buffer de cloruro de sodio ajustado a pH 1.0 y en una solución buffer de acetato de sodio ajustado a pH 4.5 (Figura 11). Los resultados se expresaron en mg de cianidin 3-glucósido (C3G) por 100g de peso fresco del producto (PF).



Figura 11. Determinación de antocianinas totales. A) Extracto bruto de frambuesa. B) Extracto con soluciones buffer añadidas. C) Medición pH 1.0. D) Medición pH4.5.



4.7.2. Parámetros de calidad.

- **Determinación de Sólidos Solubles.**

Se llevó a cabo con un refractómetro digital de bolsillo Atago (Figura 12) de acuerdo al procedimiento señalado en la NMX-FF-015-1982, basado en la propiedad de los líquidos para refractar la luz con respecto a su contenido de sólidos solubles, expresando los resultados en °Bx.



Figura 12. Refractómetro digital Atago.

- **Determinación de liberación de líquido.**

La liberación de líquido se llevó a cabo de manera similar a González-Aguilar *et al.* (2004), colocando la fruta entre dos papeles filtro a peso constante y colocando una pesa de 100g sobre ellos durante quince minutos (Figura 13). El resultado se expresó en % de peso.

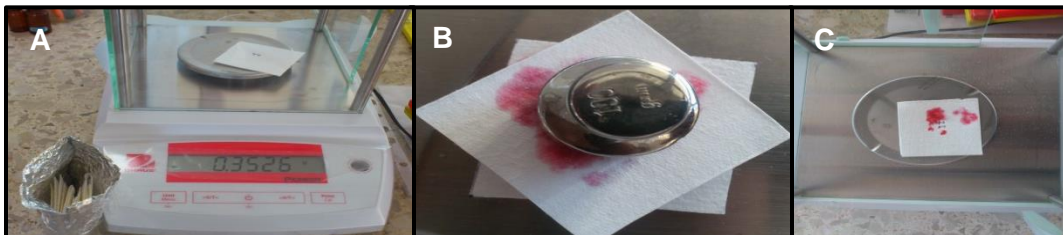


Figura 13. Determinación de % de liberación de líquido. A) Peso de papel filtro a peso constante. B) Presión ejercida por la pesa de 100g. C) Peso de papel filtro con residuo de frambuesa.

- **Acidez.**

La determinación de acidez se llevó a cabo mediante el método descrito por González-Aguilar *et al.* (2004) con hidróxido de sodio preparado al 0.1N. Para la titulación se tomaron diez mililitros de alícuota de 10 g de frambuesa en 90 mL de agua, licuado y filtrado. Para que se pudiese notar el vire se agregó carbón activado para decolorar la solución de frambuesas (Figura 14). Los resultados son expresados en % del ácido mayoritario.

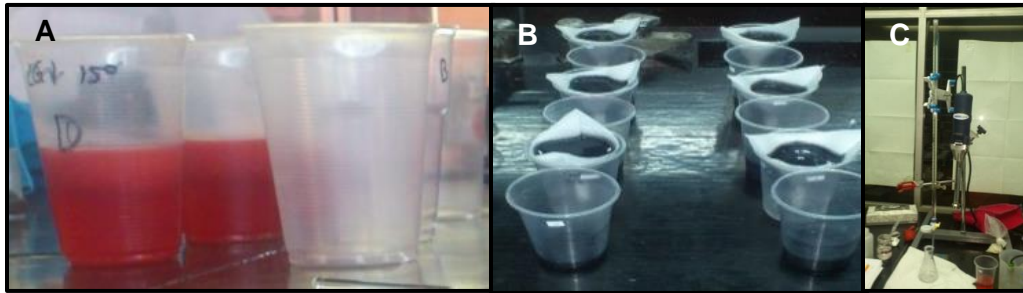


Figura 14. Determinación de % de acidez. A) Extracto bruto de frambuesa. B) Adición de Carbón activado. C) Titulación del extracto decolorado.

- **pH.**

Con las muestras preparadas para la determinación de acidez titulable se siguió la técnica para pH descrita por González-Aguilar *et al.* (2004). Se determinó el pH de las muestras con un potenciómetro digital marca HANNA modelo HI 208 antes de agregar el carbón activado, esto debido a que tiende a verse ligeramente afectado el resultado tras su adición (Figura 15).

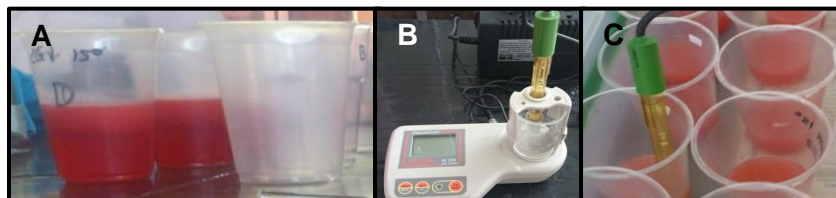


Figura 15. Determinación de pH. A) Extracto bruto de frambuesa. B) Potenciómetro modelo. C) Medición pH.

- **Pérdida de peso.**

Para evaluar la pérdida de peso en las frambuesas se conservaron 3 vasos por tratamiento a los que se les midió el peso diariamente durante los quince días que duró el experimento, para observar la manera en que ocurría y observar si algún tratamiento en específico ayudaba a disminuir o retardar la pérdida de peso del producto acorde al método de Sichmann *et al.* (2006). Los resultados se expresaron en g.

- **Color.**

El color se midió con un colorímetro Minolta, modelo CM-600d con el que fueron obtenidos los parámetros de L, a y b (Figura 16), con respecto a McGuire (1992). El valor L (luminosidad) indica cuán cercano se está al negro (0) o al blanco (100), con los valores



de a y b se obtuvieron los parámetros de °Hue (matiz del color) y croma (intensidad del color).



Figura 16. Determinación de color de frambuesas mínimamente procesadas.

4.7.3. Análisis microbiológicos.

La determinación de colonias de mesófilos aerobios se llevó a cabo en agar nutritivo, coliformes totales en agar de bilis rojo y violeta, y de mohos y levaduras en agar de papa y dextrosa, tomando diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} (Figura 17).

Para el conteo de mohos y levaduras el cultivo se incubó a una temperatura de 25°C durante 5 días, para mesófilos y coliformes se incubó a una temperatura de 35°C durante 24h. Los resultados fueron reportados como el logaritmo de unidades formadoras de colonia por gramo de producto. El recuento de microorganismo fue llevado a cabo siguiendo las normas: NOM – 113 -SSA1 -1994 (coliformes), NOM- 092- SSA1- 1994 (bacterias mesófilas aerobias) y (NOM-111-SSA1 -1994 (mohos y levaduras).



Figura 17. Análisis microbiológico, recuento en placas de agar.

4.7.4. Parámetros fisiológicos.

- Composición del espacio de cabeza.



La evaluación de los gases en el espacio de cabeza de los envases se llevó a cabo con un analizador de gases (Quantek DualTrak 902D) con el que se midió el porcentaje de O₂ y de CO₂ (Figura 18) siguiendo el procedimiento de Del Nobile (2009).



Figura 18. Analizador de gases modelo 902D DualTrak.

4.7.5. Análisis sensorial.

Para la evaluación sensorial se tomó una muestra de nueve jueces no entrenados, en el que se evaluó la preferencia de los panelistas por algún tratamiento de envase con base en los parámetros de: intensidad del color, apariencia general, olor, presencia de olores extraños, sabor, presencia de sabores extraños, textura y calificación global. Para determinar la aceptación del producto. Los parámetros de evaluación sensorial así como las escalas utilizadas se encuentran ilustrados en la Figura 19.

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Deguste las muestras frente a usted y valore cada parámetro con un número del 1 al 5 de acuerdo con la escala que se indica entre paréntesis.

Parámetro ↓ / Muestra →					
Apariencia visual (A)					
Intensidad del color (D)					
Olor (A)					
Presencia de olores extraños (B)					
Sabor (A)					
Presencia de sabores extraños (B)					
Textura (C)					
Calificación global (A)					

Escala A	Escala B	Escala C	Escala D
1= Muy mala	1= Mucho	1= Muy blanda	1= Rojo muy claro
2= Mala	2= Alguno	2= Blanda	2= Rojo claro
3= Aceptable como límite de consumo	3= Aceptable	3= Aceptable como límite de consumo	3= Rojo
4= Buena	4= Poco	4= Firme	4= Rojo intenso
5= Muy buena	5= Ninguna	5= Muy firme	5= Extremadamente rojo

Figura 19. Formato utilizado en las pruebas de evaluación sensorial.



4.7.6. Análisis estadístico.

Para los parámetros de color y liberación de líquido se llevaron a cabo nueve determinaciones; los restantes parámetros de calidad así como los parámetros químicos y microbiológicos se determinaron por triplicado; los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza completamente al azar (ANOVA) para ambos objetivos. Las diferencias significativas se determinaron con las pruebas de rango múltiple de Tukey y Duncan, utilizando un paquete estadístico SPSS versión 20, de manera que los resultados se reportaron como media aritmética \pm desviación estándar.



5. Resultados y Discusión



5.1. Efecto del método de desinfección sobre la frambuesa mínimamente procesada.

5.1.1. Parámetros químicos

5.1.1.1. Capacidad Antioxidante Total (CAT).

La capacidad antioxidante o actividad antioxidante, es una medida indirecta de la habilidad que tienen diversos compuestos, fenólicos o no fenólicos, para reducir o secuestrar radicales del medio en el que se encuentren, responsables por el deterioro celular así como de desórdenes agudos y crónicos humanos como: diabetes, arterosclerosis, envejecimiento, cáncer y neurodegradación (Antolovich *et al.*, 2001; Saeed *et al.*, 2012).

En la Figura 20 se ilustra la capacidad antioxidante de la frambuesa, cuyo punto más alto fue: 62.45 $\mu\text{MTrolox/g}$ en las desinfectadas con ozono por 3 min y el más bajo: 7.10 $\mu\text{MTrolox/g}$ en aquellas tratadas con irradiación por 30 min al día 3. Las muestras tratadas con ozono por 3 min exhibieron una capacidad antioxidante 43 unidades mayor con respecto a las desinfectadas con un producto comercial (Microdyn®), y las irradiadas con UV-C por 30 min mostraron una capacidad antioxidante 46% menor que las desinfectadas con Microdyn®. Los resultados también indicaron que al final del almacenamiento, no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las frambuesas tratadas con el desinfectante comercial y las que fueron expuestas a tratamientos menos agresivos (ozono 3 min y UV-C 15 min); por el contrario, en comparación con los frutos desinfectados con la solución de Microdyn®, las frambuesas tratadas con irradiación por 30min exhibieron una capacidad antioxidante 16% mayor mientras que en las desinfectadas con ozono por 6 min disminuyó 63%.

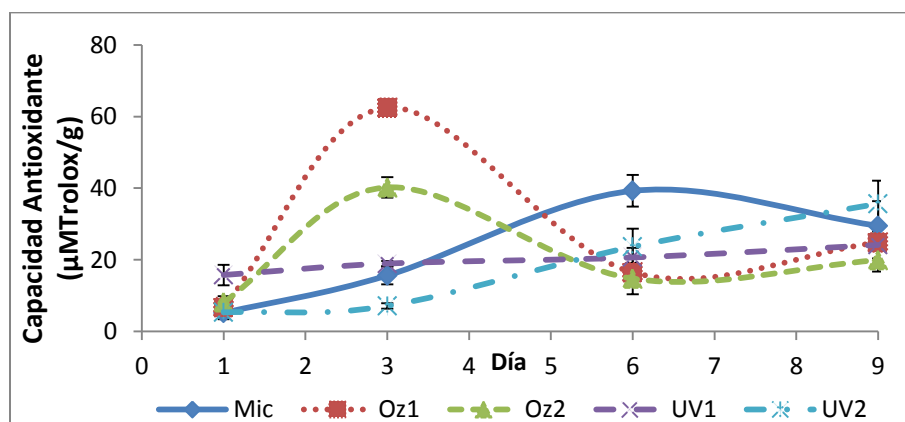


Figura 20. Capacidad antioxidante de frambuesa mínimamente procesada desinfectada por diferentes métodos. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min. Las barras verticales representan la desviación estándar.



Los resultados obtenidos son congruentes con otros estudios realizados sobre otros productos de procesamiento mínimo como zarzamora, tangerina, guayaba, piña, plátano, sandía, fresa, arándano y mandarina (Allothman *et al.*, 2009, 2010; Wang *et al.*, 2009; Artés-Hernández *et al.*, 2010; Alegria *et al.*, 2012; Boonkorn *et al.*, 2012; Bravo *et al.*, 2012; Shen *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Yeoh *et al.*, 2014). En dichos estudios se indica que tratamientos moderados de irradiación no afectan de manera significativa como ocurrió con las muestras tratadas con irradiación durante 15 min. Por el contrario, se explica que el incremento en los valores del parámetro exhibidos por las muestras expuestas a los otros tratamientos se debe a que representan un estrés oxidativo al fruto, lo que propicia la activación de enzimas como la fenilalanina liasa (PAL), tirosina amonio liasa (TAL), superóxido dimutasa (SOD), catalasa (CAT), ascorbato peroxidasa (APX), polifenol oxidasa (PPO), peroxidasa (POD), a las cuales se les ha atribuido la funcionalidad de la síntesis de compuestos relacionados con la capacidad antioxidante. La activación y síntesis de dichos compuestos se debe a la prevención de toxicidad que representan los tratamientos de desinfección, sin embargo se observa una senescencia acelerada causante del declive pronunciado exhibido por las muestras tratadas con ozono, del mismo modo que el contacto directo con el compuesto propició un proceso de degradación más notorio que las muestras tratadas con irradiación.

De los resultados obtenidos se observó que el tratamiento de irradiación durante 15min logró preservar la capacidad antioxidante inicial durante el período de almacenamiento contrario a los otros métodos de desinfección que también presentaron daños en la estructura del fruto.

5.1.1.2. Contenido de Antocianinas Totales (CACIT).

Las antocianinas son pigmentos naturales pertenecientes a la familia de los flavonoides responsables de las tonalidades rojas, azules y púrpuras en frutas, vegetales, granos y flores; dichos compuestos son interesantes ya que presentan un impacto en las características organolépticas del fruto así como beneficios a la salud como compuestos antioxidantes (Dragišić-Maksimović *et al.*, 2013), encontrándose que el contenido de antocianinas de las frambuesas presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los diferentes desinfectantes utilizados. Las muestras tratadas con el producto comercial presentaron a lo largo del tiempo de almacenamiento los valores de antocianinas más



bajos (10.24 – 17.22 mg/100g), con excepción del último día de almacenamiento; donde para el día tres el contenido de antocianinas fue 52% menor con respecto al valor más alto reportado (32.54 mg/100g), presente en las frambuesas irradiadas durante 15 min. Para el final del tiempo de almacenamiento se encontró que el contenido de antocianinas en las frutas desinfectadas con Microdyn® no había variado, al igual que las muestras tratadas con ozono durante 6 min; sin embargo se reportó una variación negativa del 62% para las tratadas con ozono por 3 min, una variación positiva del 19.7% para aquellas irradiadas durante 15 min, y un incremento del 56.8% en el contenido de antocianinas de las frambuesas desinfectadas con irradiación UV-C por 30 min (Figura 21).

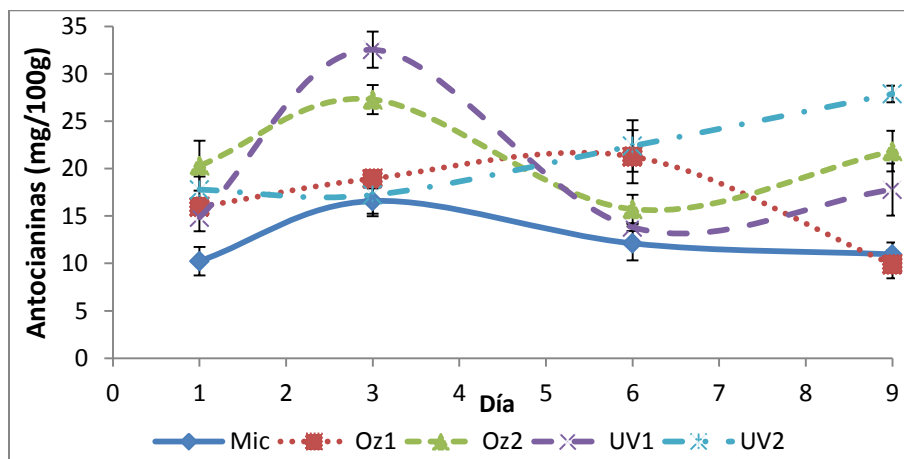


Figura 21. Contenido de antocianinas en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min. Las barras verticales representan la desviación estándar.

El presente estudio fue contrastante con los estudios realizados por Tiwari *et al.* (2009a,b,c) sobre jugo fresco de uva, fresa y zarzamora, en el que se observó que la exposición a ozono gaseoso como método de desinfección provocaba una disminución de casi 80% en el contenido de antocianinas del producto. La razón de que dicha disminución fuese tan severa se explica en que el contacto que tiene el ozono con los compuestos es directo, lo que provoca reacciones de degradación y de oxidación del ozono generando radicales libres en conjunto con otros compuestos como aldehídos y cetonas, que provocan la oxidación de las antocianinas. Los resultados aquí obtenidos no fueron tan drásticos debido a que el método de exposición fue de ozono en solución acuosa lo que reduce el contacto de los pigmentos con los subproductos directos del ozono, lo que retarda y reduce el daño que pudiesen haber sufrido las antocianinas de la



frambuesa. Y en cambio se presentó un aumento inicial debido a que el tratamiento presentó una fuente de estrés abiótico que activó enzimas encargadas de la síntesis de compuestos fenólicos.

Caso similar ocurrió con los valores que presentaron las muestras irradiadas, los cuales concuerdan con los estudios de: Li *et al.* (2014) sobre el efecto de irradiaciones en compuestos fenólicos de fresa, Pala y Toklucu (2011) sobre el efecto de irradiación UV-C en jugo de granada, Shen *et al.* (2013) sobre compuestos fenólicos de mandarina setsuna mínimamente procesada, y Wang *et al.* (2009) sobre el efecto de luz UV-C sobre arándanos azules frescos cortados. En dichos estudios se reportó que el contenido de antocianinas se ve favorecido por la irradiación, ya que provoca estrés metabólico en el producto y genera mecanismos de defensa activando enzimas como la PAL, y genera una acumulación de los compuestos fenólicos, cualidad que aumenta con respecto al tiempo de exposición al que fueron sometidos los frutos. Esto se vio reflejado en el drástico aumento que presentaron las muestras irradiadas por 3 min, las cuales exhibieron un incremento inicial en el contenido de antocianinas en contraste con las que fueron irradiadas durante 30 min, cuyo estrés pudo haber provocado la acumulación de compuestos y por ende el incremento constante del contenido de antocianinas.

Una tendencia similar se observó a la capacidad antioxidante, esto es debido a que estos pigmentos presentan la propiedad de secuestrar radicales libres responsables por el deterioro celular así como de desórdenes agudos y crónicos humanos como: diabetes, arterosclerosis, envejecimiento, cáncer y neurodegradación (Saeed *et al.*, 2012), por lo que también forman parte de aquellos atribuidos a la capacidad antioxidante. Además se observó que las frambuesas irradiadas presentaron mayor contenido de antocianinas en comparación con el comportamiento de las muestras tratadas con ozono y el desinfectante comercial.

5.1.2. Parámetros de Calidad.

5.1.2.1. Sólidos solubles totales (SST).

El contenido de sólidos solubles funciona como estimador del contenido de azúcar en las frutas, ya que dicho componente representa más del 90% de la materia soluble en la mayoría de dichos productos (González-Olmos y Guzmán-Morfín, 2011), de manera que en la Figura 22 se observa que los valores de SST permanecen casi constantes durante todo el tiempo de almacenamiento, siendo las muestras tratadas con el desinfectante



comercial aquellas que presentaron la variación más marcada en los valores, presentando los días 3 y 6 un 22.4 y 28% menos contenido de SST con respecto al valor inicial, mismos días en los que se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los otros métodos de desinfección. Dicha diferencia fue del 14% con respecto a las frambuesas desinfectadas con ozono por 3 min para el día tres y del 18% con respecto a aquéllas expuestas a irradiación UV-C durante 15min en el sexto día de la experimentación, ambos valores fueron los más cercanos a las frutas tratadas con el desinfectante comercial. Para el final del período de almacenamiento, se observó que con excepción de los frutos tratados con ozono por 3min, la diferencia en el parámetro evaluado fue menor a 1°Bx , mientras que éstas presentaron un decremento de 4°Bx con respecto al valor inicial de SST. Del mismo modo, no se presentó una diferencia significativo en el valor de SST ($P \leq 0.05$) entre los frutos con distinto método de desinfección, con excepción de las muestras tratadas con irradiación durante 15 min, cuyo valor fue 13% menor con respecto a las que fueron desinfectadas con Microdyn®.

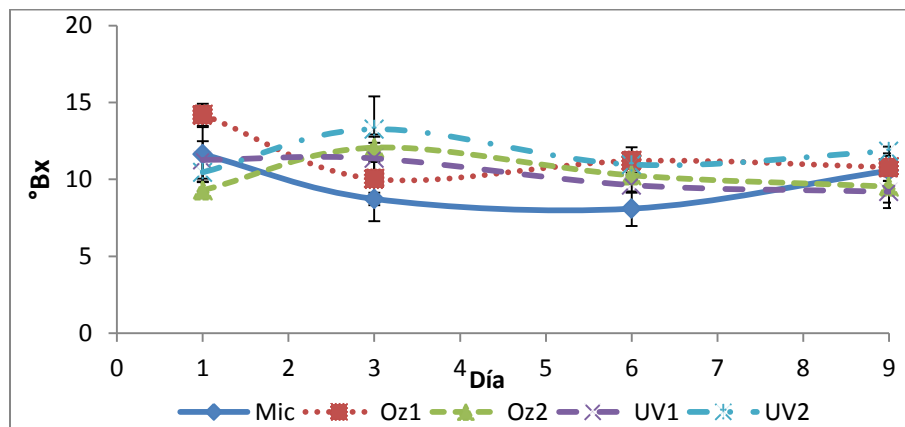


Figura 22. Contenido de sólidos solubles en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Los estudios de Tiwari *et al.* (2009a,b) acerca el efecto de ozono sobre uvas sin semilla y zarzamora, así como el de Boonkorn *et al.* (2012) del efecto del ozono gaseoso sobre la tangerina, concuerdan con el presente trabajo, ya que en dichos estudios se reportó una diferencia no significativa ($P \geq 0.05$) del contenido de SST en los frutos, indicando una ligera disminución, debido a que la pérdida de líquido genera un arrastre de dichos componentes inmersos en la humedad del producto, como ocurre con las muestras



tratadas con ozono por 3 minutos. Caso similar ocurre con las muestras tratadas con irradiación, cuyos resultados obtenidos concuerdan con los estudios de Li *et al.* (2014) sobre fresas, Pala y Toklucu (2011) sobre el efecto de la irradiación en jugo de granada, Shen *et al.* (2013) acerca del efecto de la irradiación UV-C como método de desinfección. Dichos estudios mencionan que no se observa un cambio significativo en los valores del parámetro con respecto al método de desinfección, ya que la irradiación no altera la estructura del producto provocando pérdida o concentración de SST.

Con base en lo anterior es posible indicar que cualquiera que sea el método de desinfección empleado no tiene un impacto notable sobre el contenido de SST ya que no presenta estructuras degradadas por los desinfectantes.

5.1.2.2. Acidez.

La acidez titulable es un parámetro de calidad relacionado a la presencia de ácidos orgánicos que contribuyen a la percepción del sabor y aceptación del fruto. En la frambuesa se ha denominado al ácido cítrico como el ácido orgánico mayoritario presente y cuyo contenido disminuye con respecto a su tiempo de madurez (Sinha, 2006).

Como puede observarse en la Figura 23 la acidez de las muestras tratadas con irradiación UV-C presentaron un comportamiento decreciente, mientras que las muestras tratadas con el desinfectante comercial así como con ozono, mantienen un comportamiento casi constante a lo largo del tiempo de almacenamiento, estando los valores de dicho parámetro entre 0.102 y 0.217% de acidez. Es asimismo apreciable que al día 1 la acidez de las frambuesas presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$), ocurriendo esta diferencia entre la acidez de las muestras tratadas con irradiación UV-C con respecto a las tratadas con tratamientos de inmersión (ozono y Microdyn®), mostrando las primeras 33% mayor porcentaje de acidez titulable que los frutos desinfectados con los otros métodos, dicho valor de acidez disminuyó progresivamente. En el día 3 de almacenamiento, la acidez titulable mostró nuevamente diferencia significativa ($P \leq 0.05$) únicamente entre las frambuesas irradiadas por 15 minutos y aquéllas desinfectadas con ozono durante 3min, día en el que éstas últimas mostraron tener 49% menos acidez que las irradiadas. Y en el día 9 de almacenamiento hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) sólo entre la acidez de las frutas tratadas con ozono por 3min, y el resto de los tratamientos, donde las muestras tratadas con el desinfectante comercial exhibieron un porcentaje de acidez 31% mayor con respecto a las que fueron tratadas con irradiación en ambos tiempos de exposición.

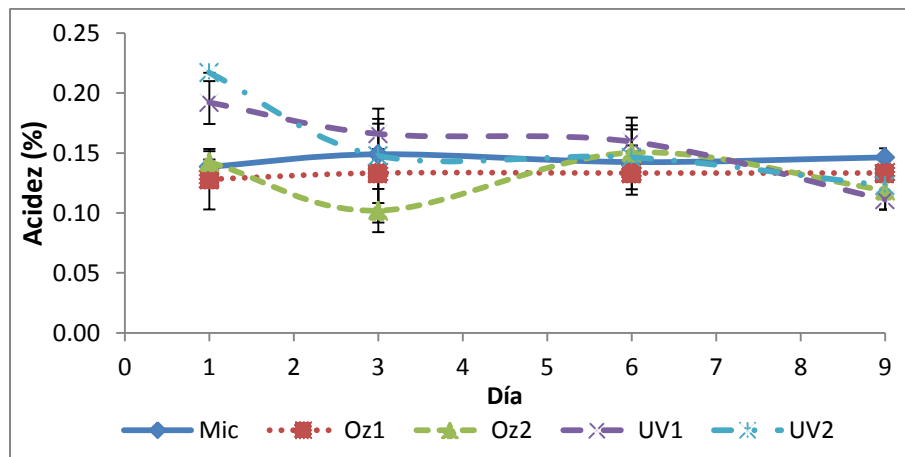


Figura 23. Acidez de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Los resultados del presente estudio con respecto al parámetro de acidez titulable, son comparables con los obtenidos en estudios previos en los que se evaluó la calidad de mandarina después haber sido irradiada (Shen *et al.*, 2013), el efecto de la luz UV-C sobre granada (Pala y Toklucu, 2011), la calidad de fruta irradiada con UV-C (Li *et al.*, 2014) en el que indican que la acidez titulable de los frutos presentaba un decremento no significativo con respecto a los valores iniciales. Dicho comportamiento se ve explicado por el efecto en el metabolismo de los frutos que representa la irradiación, misma razón que sirve para explicar por qué los valores de las muestras irradiadas fue inicialmente mayor con respecto a los otros desinfectantes evaluados. Por otra parte, estudios de Tiwari *et al.* (2009b,c) sobre el efecto del ozono en jugo de fresa y ozono, y Boonkorn *et al.* (2012) acerca del efecto del ozono como desinfectante de tangerina concuerdan que el ozono es un método de desinfección que no afecta la acidez titulable de los productos, debido a que son compuestos que no se ven afectados de manera directa por el ozono o sus subproductos.

Con base en lo anterior es posible indicar que si bien la acidez de la frambuesa se ve afectada por la irradiación UV-C al final del tiempo de almacenamiento no se aprecia diferencia significativa con respecto a los otros métodos de desinfección.



5.1.2.3. pH.

El pH de los frutos es una medida indirecta de la acidez, ya que es una forma de contabilizar la concentración de iones H^+ existentes en un medio, cuestión que también tiene influencia en las características sensoriales. Las frambuesas son un fruto de carácter ácido que presenta un rango de 2.65 a 3.87 (Sinha, 2006).

El comportamiento de dicho parámetro se ve ilustrado en la Figura 24, indicando que los valores de pH se mantienen constantes a lo largo del tiempo de almacenamiento, en el que los valores van de 3.19 a 3.69 concordando con los valores reportados por Haffner *et al.* (2002), Sinha (2006), y Mazur *et al.* (2014) que abarcan un rango de pH de 2.70 a 3.9 para la variedad *Autumn Bliss*. Los diferentes tratamientos de desinfección no afectan significativamente ($P \geq 0.05$) dicho parámetro.

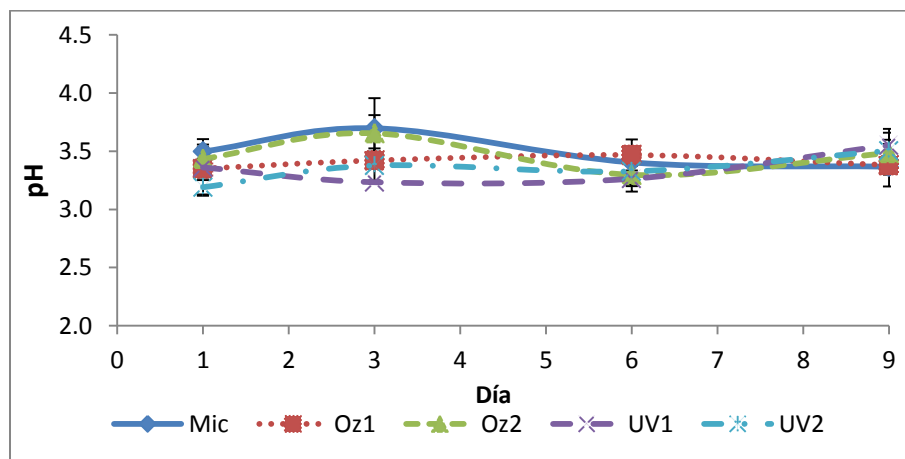


Figura 24. pH de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®, Oz1=Ozono 3min, Oz2=Ozono 6min, UV1=UV-C 15min, UV2=UV-C 30min. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Es posible comparar los resultados obtenidos del presente estudio con aquellos demostrados en investigaciones previas llevadas a cabo por: Tiwari *et al.* (2009b,c), Boonkorn *et al.* (2012), respecto al uso de ozono como tecnología de desinfección para tangerina, en el caso del segundo, y de jugo de uva y fresa en el caso del primero; así también aquéllos llevados a cabo por: Fonseca y Rushing (2006) acerca de desinfección de sandía empleando tecnología de UV-C, Li *et al.* (2014) sobre los efectos de la irradiación UV-C en fresa mínimamente procesada, Pala y Toklucu (2011) acerca del efecto del empleo de UV-C en granada, Shen *et al.* (2013) de desinfección de mandarina



con irradiación UV-C. Dichas investigaciones mencionan que los diferentes métodos de desinfección no afectan el pH de los frutos en los que fueron evaluados.

5.1.2.4. Carga microbiana.

Para poder evaluar la efectividad del método de desinfección, debe determinarse el efecto que tiene el desinfectante sobre los microorganismos presentes en el fruto, siendo estos cultivos: bacterias mesófilas aerobias, coliformes, mohos y levaduras.

La Figura 25 ilustra el conteo de microorganismos en la frambuesa mínimamente procesada tras haber sido desinfectada por distintos métodos, ejemplificándose en la Figura 25A, la carga de organismos mesófilos aerobios, que siempre se mantuvo por debajo del conteo de mohos como puede apreciarse en la Figura 25B. Con respecto a la presencia de coliformes en el producto, se tuvo un conteo nulo a lo largo de la experimentación. Puede apreciarse en la Figura 25A que los organismos mesófilos permanecen casi constantes durante el tiempo de almacenamiento, presentando a pesar de eso una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el conteo de dichos microorganismos con respecto a los tipos de desinfección con el que fueron tratados las frambuesas, siendo esta diferencia más notoria a los días 6 y 9 de almacenamiento, días en los que las muestras tratadas con irradiación UV-C durante 15 min presentaron tener 1 log ufc/g mayor carga de estos microorganismos que las muestras tratadas con Microdyn® y ozono durante 6 min y 50 y 33% mayor que las frutas tratadas con UV-C por 30 min y ozono por 6 min respectivamente, indicando que los frutos tratados con los desinfectantes a tiempos bajos de exposición fueron las que presentaron mayor carga de bacterias mesófilas para ese día; con lo que respecta al día 9 de almacenamiento, el conteo de mesófilos para las irradiadas con UV-C por 15 min fue 52.3% mayor que aquéllas tratadas con el desinfectante comercial y 146.1% mayor con respecto a las que fueron tratadas con UV-C durante 30 min, siendo éstas las que exhibieron el menor conteo de microorganismos al final del almacenamiento.

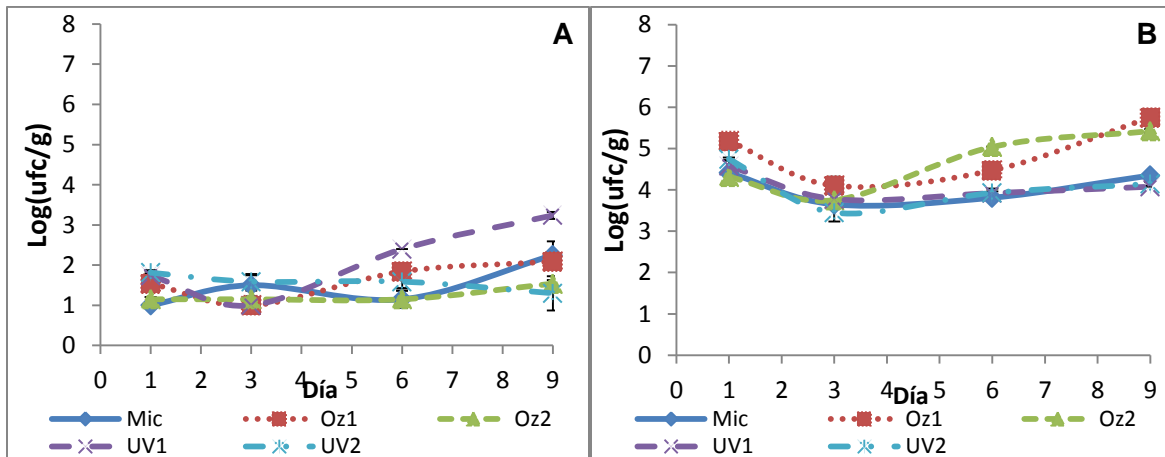


Figura 25. Carga microbiana del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección A) Mesófilos aerobios. B) Mohos. Dónde: Mic=Microdynam®; Oz1=Ozono por 3 minutos; Oz2=Ozono por 6 minutos; UV1=UV-C por 15 minutos; UV2=UV-C por 30 minutos. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Observando la Figura 25B se puede notar que las muestras a las que se les aplicó ozono por 3 min presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el conteo de mohos con respecto a las que fueron expuestas a otros tratamientos de desinfección a lo largo del almacenamiento del producto, y que de la misma manera, a partir del 6° día de almacenamiento, las frutas tratadas con ozono durante 6min, difiriendo de las que fueron tratadas con el desinfectante comercial y aquellas irradiadas con tecnología de UV-C por 1 log ufc/g y para el noveno día de almacenamiento, la diferencia aumento a poco más de 1.5 log ufc/g. Las irradiadas no presentaron diferencia significativa en el conteo de mohos y levaduras ($P \geq 0.05$) con respecto a las desinfectadas con Microdynam® durante todo el tiempo de almacenamiento.

Los resultados obtenidos del presente estudio pueden ser comparados con aquéllos de Habibi-Najafi y Haddad-Khodaparast (2009) acerca de la desinfección de dátiles secos con ozono, Wang *et al.* (2004), Zhang *et al.* (2005), Boonkorn *et al.* (2012) y Yeoh *et al.* (2014). Dichas investigaciones indican que el ozono es efectivo para el control de mesófilos aerobios, así como de coliformes, pero no resulta efectivo para el control de mohos ya que su estructura los hace más resistentes al daño directo e indirecto del ozono y sus subproductos no lográndose llevar a cabo la lisis que permitiría la disminución de dichos microorganismos. De la misma manera, el estudio de irradiación UV-C sobre zanahoria (Alegria *et al.*, 2012), sandía (Artés-Hernández *et al.*, 2010; Fonseca y Rushing,



2006), espinaca (Escalona *et al.*, 2010), y manzana (Gómez *et al.*, 2010); dichos estudios indican que si bien la irradiación es efectiva para el control de microorganismos, también puede presentarse un incremento bacteriano debido a que esta tecnología conlleva daños tisulares, como puede apreciarse en la Figura 25A.

A partir de los resultados que fueron obtenidos, es posible decir que el tratamiento de irradiación resulta más efectivo para el control de mohos presentes en la frambuesa y que son los principales causantes de su deterioro, teniendo también un efecto positivo en el control de bacterias mesófilas aerobias.

5.2. Efecto de la irradiación UV-C sobre la frambuesa mínimamente procesada.

5.2.1. Carga microbiana.

Para comprobar la efectividad de la irradiación UV-C como método de desinfección de la frambuesa mínimamente procesada, se montó un lote para comparar únicamente este método de desinfección con el desinfectante comercial siendo enfático el enfoque microbiológico de dicha prueba, reduciendo los tiempos de exposición para minimizar el daño provocado por largos períodos de desinfección a dichas condiciones.

En la Figura 26 se ilustra el conteo microbiano de las frambuesas mínimamente procesadas tras la desinfección. En la Figura 26A es apreciable que al igual que en el primer experimento se observó que las bacterias mesófilas presentes en el fruto permaneció siempre por debajo del conteo de mohos, mostrado en la figura 26B. En lo que se refiere a la presencia de mesófilos aerobios, la Figura 26A muestra que el tratamiento con irradiación UV-C demostró igual capacidad de desinfección que el desinfectante comercial ya que el conteo de dichos microorganismos permaneció casi constante durante el tiempo de almacenamiento para los tres tratamientos, y se observó asimismo que el conteo de las muestras que fueron sometidas a irradiación por 15min permaneció por debajo incluso del de aquellas que fueron tratadas con el desinfectante comercial. En la Figura 26B se ilustra que si bien al inicio del almacenamiento la cantidad de mohos presentes en el fruto fue similar para los tres tratamientos, para último día de experimentación se presentó una diferencia de 1 log ufc/g entre aquellos expuestos a irradiación durante 15 min y aquellas expuestas por 10 min y al desinfectante comercial.

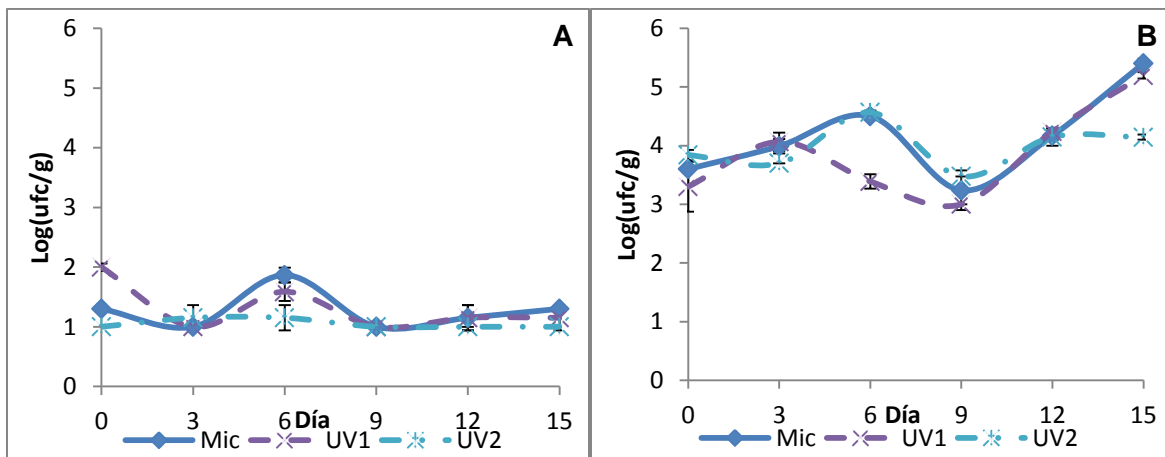


Figura 26. Carga microbiana del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección A) Mesófilos aerobios. B) Mohos. Donde: Mic=Microdyn®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

El tratamiento estadístico indicó para el caso de los organismos mesófilos (Figura 26A) que hubo una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los días 0 y 6 de almacenamiento. Al inicio del almacenamiento se apreció que el conteo microbiano resultante de los tratamientos con desinfectante comercial y UV-C 15 min fueron 50% más bajos que el exhibido por las frutillas irradiadas durante 10 min. Por el contrario, para el sexto día de almacenamiento las frutas irradiadas durante 15 min presentaron un 36.8 y 25% menos cantidad de mesófilos aerobios con respecto a aquéllas que fueron tratadas con desinfectante comercial y las expuestas a irradiación UV-C 10min, respectivamente.

Referente a la presencia de mohos en el producto (Figura 26B) el tratamiento estadístico demostró que en los días 6 y 15 de almacenamiento hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$). El primero de estos días, las muestras tratadas con irradiación UV-C 10 min mostraron 26% menor carga microbiana que aquellas que fueron tratadas con Microdyn® y las irradiadas por 15 min. No obstante, para el día 15 de almacenamiento, las irradiadas por 15 min presentaron 21.1% menos cantidad de mohos y levaduras que sus contrapartes expuestas a la irradiación por 10 min y al desinfectante comercial.

Dichos resultados son comparables con los estudios llevados a cabo acerca del efecto de la irradiación UV-C sobre: zanahoria (Alegria *et al.*, 2012), sandía (Artés-Hernández *et al.*, 2010; Fonseca y Rushing, 2006), espinaca (Escalona *et al.*, 2010), y manzana (Gómez *et al.*, 2010). En los estudios mencionados se expone que la irradiación resulta efectiva como método de desinfección con la desventaja de la posibilidad de aumento de



microorganismos en algún punto del almacenamiento debido a los daños tisulares generados en el producto, lo cual explica el comportamiento sigmoideal de mohos y levaduras ilustrado en la Figura 26B.

Con base en los resultados obtenidos, en el comportamiento de bacterias mesófilas, así como en el de mohos, se indica que la exposición a irradiación UV-C por 15min resulta más efectiva para el control microbiano del producto.

5.2.2. Liberación de líquido.

Una manera de determinar el daño que ejerce un tratamiento a un producto hortofrutícola es determinar el porcentaje de líquido liberado, demostrando de manera indirecta la deshidratación que tiene como consecuencia la exposición a un estrés abiótico. Para el presente estudio, la liberación de líquido de las frambuesas se exhibe en la Figura 27.

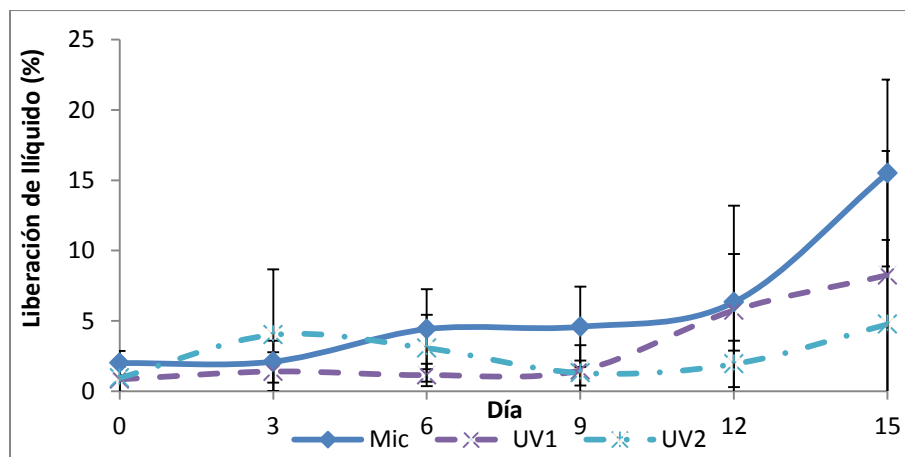


Figura 27. Porcentaje de liberación de líquido del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdynam®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

De manera general puede observarse que la liberación de líquido (Figura 27) del producto presentó una tendencia al aumento siendo dicha tendencia más notoria en las muestras tratadas por inmersión con Microdynam®, siendo el porcentaje de líquido liberado al final del período de almacenamiento 13 unidades porcentuales mayor con respecto al inicio de la experimentación. De la misma manera se observó que los tratamientos de irradiación disminuían dicha pérdida de líquido, siendo para el caso de la exposición por 10 min y 15 min 46.8 y 69.4% menor respectivamente con respecto al tratamiento de inmersión para el día final de almacenamiento. De esta manera el aumento presentado por las muestras



irradiadas por 10 min fue de 7 unidades porcentuales teniendo como referencia el día cero de almacenamiento; mientras que aquellas expuestas a irradiación UV-C por 15 min mostraron tener un aumento de 3% de pérdida de líquido entre el punto inicial y final de muestreo experimental.

El análisis estadístico reveló diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el parámetro en todos los días de almacenamiento con excepción del punto inicial que corresponde al día 0 de almacenamiento. Para el tercer día de almacenamiento la diferencia se presentó entre los frutos irradiados por 15 min y los expuestos al desinfectante comercial y a 10 min de UV-C, en donde los últimos mostraron 2% menos liberación de líquido con respecto a aquéllos que fueron expuestos a un tratamiento más prolongado. En el día seis, el parámetro evaluado mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para los tres tratamientos evaluados, siendo el porcentaje de liberación 3.3 y 1.4 unidades menor para UV-C 10 min y 15 min respectivamente en comparación con el Microdyn®. Para el día 9, la diferencia se generó entre las frambuesas irradiadas y las del tratamiento por inmersión, en el que en las últimas el porcentaje de liberación de líquido fue 3.3 unidades menor. Finalmente en el décimo segundo día de almacenamiento la diferencia en la liberación de líquido se presentó entre las muestras irradiadas por 15 min y aquellas tratadas por inmersión con el desinfectante comercial y las expuestas a UV-C por 10min, esta diferencia fue de un 3.7% menor con respecto a las irradiadas por mayor tiempo.

Estudios previos acerca del efecto de la irradiación UV-C como método de desinfección llevados a cabo por: Fonseca y Rushing (2006), Artés-Hernández *et al.* (2010), y Alegria *et al.* (2012), sirven de apoyo con respecto a los resultados obtenidos ya que en dichos estudios se comprobó que la irradiación reduce la liberación de líquido de los frutos en un rango del 20 al 30% al presentar un menor daño tisular.

Con base en lo anterior, se concluye que las condiciones de desinfección con UV-C 15 min son aquellas que reducen de manera significativa la liberación de líquido de las frambuesas.

5.2.3. Pérdida de peso.

Otra manera de determinar la deshidratación de los frutos de manera indirecta es la determinación de la pérdida de peso, que está relacionada con la pérdida de líquidos de los mismos, siendo el principal el agua (Pérez-Loredo, 2008).



En la Figura 28 se muestra el porcentaje de pérdida de peso que sufrieron los vasos de frambuesa mínimamente procesada durante el período de almacenamiento. La pérdida de peso presentó a lo largo del tiempo de almacenamiento una tendencia lineal con excepción de los días 2, 5 y 10, ya que en dichos días se apreció una pérdida de peso mayor con respecto a la tendencia previa. Para el segundo día la pérdida de peso de las muestras que fueron tratadas con el desinfectante comercial mostraron una pérdida de peso de 0.1% en comparación con aquellas que habían sido irradiadas; en el 5° día de la etapa experimental las frambuesas expuestas a irradiación UV-C 10 min y al desinfectante comercial presentaron una pérdida de 0.15 y 0.2% respectivamente con respecto al peso registrado el día anterior; en el décimo día de almacenamiento el producto, sufrió una pérdida de 0.15% en contraste con la tendencia de pérdida previa que era de 0.1%. De manera general, se observó que a lo largo del experimento la tendencia de pérdida fue de 0.1% por día y que el porcentaje de pérdida presentó un valor máximo del 1.1% para el último día de almacenamiento con respecto al peso inicial registrado. El análisis estadístico de los datos indicó que la pérdida de peso no mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en ningún momento del almacenamiento.

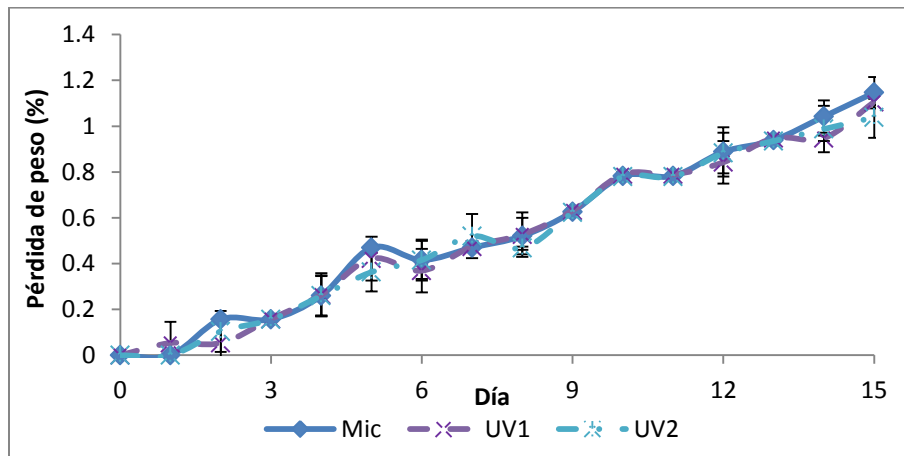


Figura 28. Pérdida de peso del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes métodos de desinfección. Dónde: Mic=Microdyn®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Los resultados obtenidos para la evaluación de este parámetro pueden parecer contrastantes con los que se reportaron para la liberación de líquido; sin embargo es conveniente aclarar que la evaluación de la pérdida de peso se realizó con el envase cerrado para determinar el peso total perdido con respecto al día de envasado, mientras



que la determinación del porcentaje de liberación de líquido se llevó a cabo con frambuesas individuales para determinar el efecto que el método de desinfección tuvo sobre las mismas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son comparables con los obtenidos en investigaciones previas acerca del empleo de irradiación UV-C como método de desinfección de productos vegetales llevados a cabo por: Fonseca y Rushing (2006), Alothman *et al.* (2009), y Alegria *et al.* (2012). En dichos estudios se indica que si bien la irradiación UV-C presenta un efecto positivo en la preservación del peso del producto, no es un aumento significativo con respecto a otros tratamientos de desinfección.

5.2.4. Seguimiento fotográfico.

En la Tabla 17 se muestra la evolución de la apariencia del producto mínimamente procesado de frambuesa a manera de comparación del efecto que tienen los desinfectantes utilizados.

Tabla 17. Seguimiento fotográfico de la frambuesa mínimamente procesada.			
Día	Mic	UV1	UV2
0			
3			
6			
9			

Dónde: Mic=Microdyn ®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos.



Tabla 17 (Continuación). Seguimiento fotográfico de la frambuesa mínimamente procesada.

Día	Mic	UV1	UV2
12			
15			

Dónde: Mic=Microdyn ®; UV1=UV-C por 10 minutos; UV2=UV-C por 15 minutos.

De manera general fue posible notar que la apariencia de las frambuesas fue muy similar entre sí; sin embargo, se notó que aquellas que fueron sometidas al tratamiento de inmersión con el desinfectante a base de plata coloidal presentaron una tonalidad más rojiza de manera visual a comparación con las que fueron expuestas a tratamientos de irradiación.

5.3. Efecto del material de envase sobre la frambuesa mínimamente procesada.

5.3.1. Parámetros químicos.

5.3.1.1. Capacidad Antioxidante Total (CAT).

Siendo la capacidad antioxidante de la frambuesa una característica debida a diversos compuestos relacionados con el metabolismo del fruto, fue necesario evaluar el efecto que los materiales de envase presentaron sobre dicho parámetro.

En la Figura 29 se observa que de manera general, el comportamiento de la capacidad antioxidante de la frambuesa tiende al decremento con respecto al tiempo de almacenamiento, y se presentaron comportamientos afines entre aquellas que habían sido recubiertas mientras que las que no fueron tratadas a ningún recubrimiento exhibieron un comportamiento distinto. El valor más alto de capacidad antioxidante (20.06 $\mu\text{MTrolox/g}$) lo mostraron las muestras que fueron envasadas con la película de alta barrera al inicio del almacenamiento, con una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con la CAT de las otras, siendo los valores de dicho parámetro 12.90, 19.51 y 9.13 $\mu\text{MTrolox/g}$ para las recubiertas selladas con la película de Nylon, recubiertas y las envasadas en el



recipiente de PET respectivamente. Para el 4° día de almacenamiento los frutos envasados con la película de Nylon mostraron una capacidad antioxidante de 15.91 $\mu\text{MTrolox/g}$, presentándose diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en comparación con la capacidad antioxidante de las muestras restantes; con respecto a dicho valor se mostró una disminución en la capacidad del: 31.8% (recipiente de PET), 39.5% (recubiertos en envase de PET) y 35.4% (recubiertos en envase con película de alta barrera al oxígeno). Para el octavo día de almacenamiento los valores de CAT de las muestras que no fueron tratadas con recubrimiento (sin importar el material del envase) no mostraron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) caso similar con las muestras recubiertas; no obstante, éstas últimas mostraron 25% menos capacidad que las que no fueron tratadas con el recubrimiento de CMC. En el día 12 de almacenamiento las frambuesas recubiertas presentaron nuevamente una capacidad antioxidante con diferencia significativa ($P \leq 0.05$) del 25.4% menor con respecto a aquéllas que no habían sido tratadas con la película a base de CMC.

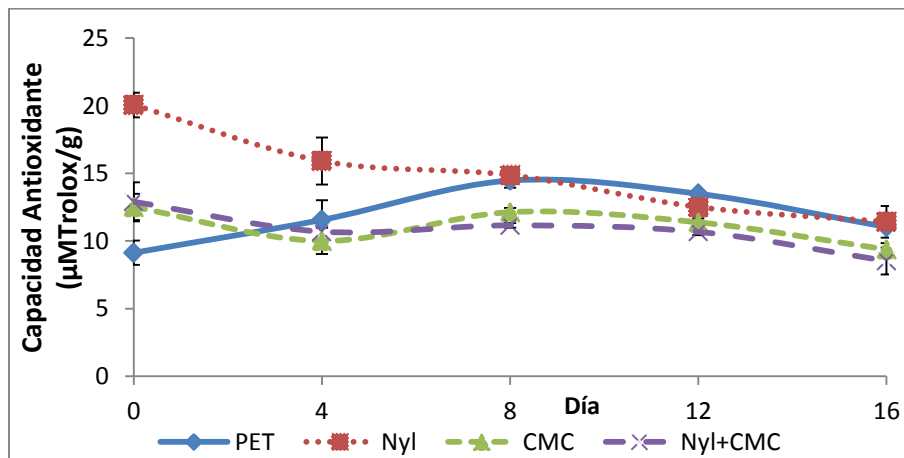


Figura 29. Capacidad antioxidante de frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con aquéllos obtenidos por Odriozola-Serrano *et al.* (2010), Ustun *et al.* (2012) y Giovanelli *et al.* (2014) en los cuáles se indica que la capacidad antioxidante muestra un aumento inicial en ambientes ricos en O_2 debido a que dicha concentración de gases provoca la excitación de enzimas



generadoras de compuestos fenólicos como la fenilalanina-amonioliasa (PAL). De la misma manera indican que el material de envase utilizado no provoca cambios significativos sobre dicho parámetro.

Con base en los resultados obtenidos, puede indicarse que el envasado en el recipiente sellado con la película de alta barrera al oxígeno sin la aplicación de recubrimiento resultó más efectivo para la conservación de la capacidad antioxidante ya que además de que los resultados fueron superiores a los que fueron expuestos al recubrimiento y similar a los que fueron envasados en el recipiente de PET, la alta concentración inicial de oxígeno generó un incremento en la capacidad antioxidante del fruto.

5.3.1.2. Contenido de Antocianinas Totales (CACIT).

Al igual que en la etapa de evaluación del método de desinfección (5.1.1.2.) se determinó el efecto que producían los diversos materiales de envasado sobre el contenido de antocianinas totales de la frambuesa, ya que como se mencionó en dicho apartado, son compuestos que otorgan el color al fruto y se encuentran dentro de los compuestos con propiedades antioxidantes del mismo.

De manera similar que ocurrió con la capacidad antioxidante, se observó que las muestras que fueron recubiertas exhiben un patrón de comportamiento similar a lo largo del tiempo de almacenamiento; por el contrario, aquéllas que fueron envasadas con la película de alta barrera mostraron el decremento más notorio (22.5%) entre el punto inicial y final de la etapa experimental, y fueron las que se encontraban envasadas en PET las que conservaron mejor dichos componentes con una variación de apenas el 0.12% menor con respecto al valor inicial (Figura 30).

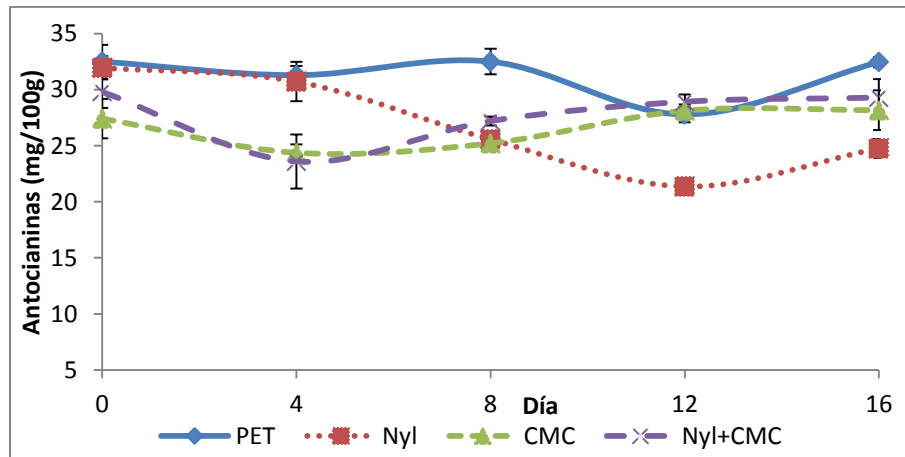


Figura 30. Contenido de antocianinas en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Al comienzo del almacenamiento se observó que los puntos valores de antocianinas más altos fueron mostrados por las muestras envasadas con PET y con la película de Nylon con 32.51 y 31.96 mg/100g respectivamente, mostrando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con las que habían sido recubiertas y envasadas en PET teniendo éstas últimas un contenido de antocianinas 14.3% menor. En el cuarto día de almacenamiento se observó que los frutos que no habían sido recubiertos no mostraron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre sí, con valores de 31.30 y 30.73 mg/100g; sin embargo, sí se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre éstas y las que se habían recubierto con CMC dónde la diferencia fue del 23.8%. Al octavo día de almacenamiento fueron las frambuesas que se envasaron en PET las que mostraron un valor de CACIT más elevado (32.52 mg/100g) en comparación con los otros materiales de envasado, cuyo contenido de antocianinas fue menor en una proporción del: 28.9% (CMC), 21.4% (Nyl) y 16.32 (Nyl+CMC); el análisis estadístico indicó una diferencia significativa entre los valores de CACIT de éstas tres últimas con el de aquellas que sólo se envasaron en PET. En el décimo segundo día de almacenamiento las frutas que se encontraban en el envase sellado con la película de alta barrera presentaron el menor valor de antocianinas registrado a lo largo del almacenamiento (21.37 mg/100g), presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con las antocianinas de las frambuesas en los otros materiales de



envase, la diferencia exhibida fue: 24% menor que el de las recubiertas, 23.1% menor que las que se encontraban en recipiente de PET y 24.7% menor que las recubiertas en envase con película de Nylon. Finalmente para el día 16 de almacenamiento se observó que el contenido de antocianinas totales de las muestras que habían sido recubiertas mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la de las que no habían sido tratadas con el recubrimiento de CMC y que a su vez, dicho conjunto mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre sí. Las que fueron recubiertas y envasadas con la película de alta barrera al oxígeno mostraron tener 9.8% menor CACIT que las que sólo fueron envasadas en PET, las que sólo se sometieron al recubrimiento presentaron 13.2% menos contenido de antocianinas que las que se encontraban en el recipiente de PET; por otro lado, las que fueron envasadas con la película de alta barrera al oxígeno tuvieron un contenido de antocianinas 23.7% menor que el de las que se encontraban en PET, 15.5% menor que las que se encontraban recubiertas y en el envase de alta barrera al oxígeno, y 12.1% menor con respecto a las que fueron recubiertas con CMC y envasadas en PET.

Los resultados que se obtuvieron de la presente investigación son comparables con los estudios acerca de: efecto de envase de frambuesas en atmósferas modificadas de Giovanelli *et al.* (2014) y Moor *et al.* (2014); envasado de granada dulce con tecnología de atmósfera modificada de Selcuk y Erkan (2014); y envase de atmósferas modificadas de uva globo de Ustun *et al.* (2012). En dichos estudios se reportó que en envases que permitiesen una alta concentración de CO_2 el contenido de antocianinas de los frutos tiende a una disminución en comparación de envases que permitan una mayor tasa de transferencia de gases; dicho decremento es atribuido a que el CO_2 actúa como agente de inhibición de enzimas como la PAL, HPR y PPO, encargadas de la producción de compuestos fenólicos.

Con base en los resultados obtenidos, es posible concluir que el envase de PET es el que conserva mejor el contenido de antocianinas del producto, encargadas no sólo de la apariencia del mismo sino también presentes como compuesto de interés nutricional.

5.3.2. Parámetros de Calidad.

5.3.2.1. Sólidos solubles totales.

En la Figura 31 se ilustra el comportamiento del contenido de sólidos solubles de la frambuesa como estimación del contenido de azúcares del fruto, se observa que con



excepción de las muestras recubiertas con CMC, el comportamiento del parámetro para los diferentes tratamientos presenta una tendencia similar.

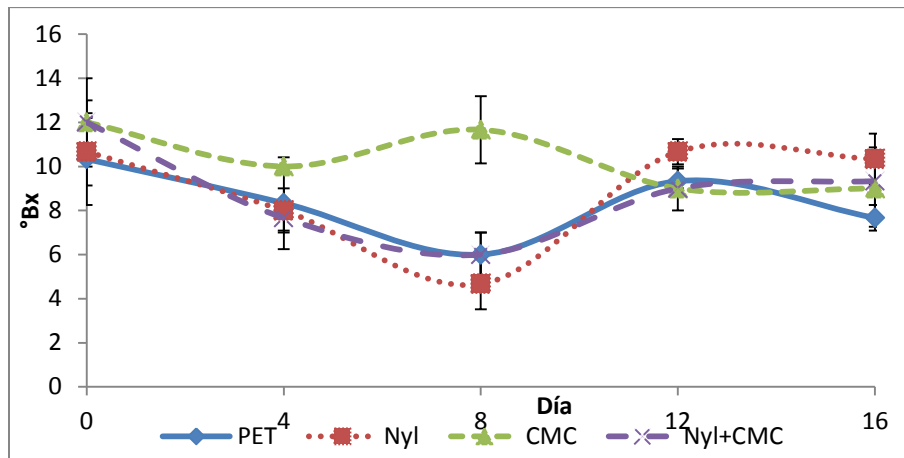


Figura 31. Contenido de sólidos solubles en la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

De manera general puede apreciarse que la tendencia del contenido de sólidos solubles tiende a la disminución con un incremento después del octavo día de almacenamiento, no obstante, las frambuesas que habían sido envasadas en PET y aquéllas que fueron recubiertas mostraron un decremento en el contenido de sólidos solubles de 3°Bx entre el punto final e inicial del período de almacenamiento.

Al inicio del almacenamiento se observó que las muestras que fueron recubiertas con la película de CMC presentaron un contenido de sólidos solubles de 2°Bx mayor con respecto a aquéllas que no habían sido tratadas con el recubrimiento, no obstante, el análisis estadístico indicó que no existía diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los valores de SST de los diferentes materiales de envasado. Para el día 4 de almacenamiento, los frutos recubiertos mostraron el contenido de sólidos solubles más alto (10°Bx) en comparación de los otros tratamientos de ese día, mostrando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con el contenido de SST de los mismos; dónde la diferencia entre los valores fue de 16.7, 20 y 23.4% para las que se encontraban en PET, sellados con la película de Nylon y recubiertos con el envase de atmósfera modificada respectivamente. En el octavo día de almacenamiento, las frutillas que se encontraban en el envase de atmósfera



modificada sin recubrimiento, mostraron el menor contenido de SST registrado durante la etapa experimental (4.67°Bx), de manera que se presentó una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) del 59.9% con respecto a aquéllas que fueron recubiertas con CMC y envasadas en el recipiente de PET, de igual manera, se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los sólidos solubles de las que se encontraban envasadas en PET y en el envase sellado con recubrimiento y aquéllas que sólo fueron recubiertas, presentando las primeras 48.6% menor contenido de SST. Al día 12 de la etapa experimental, el contenido de sólidos solubles se encontró en un rango de 9 a 10.67°Bx , no presentando diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre ellos en ese día de muestreo. En el último día de almacenamiento el rango de valores de SST fue de 7.67°Bx (PET) a 10.33°Bx (Nyl) y el análisis estadístico de los datos indicó que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el contenido de sólidos solubles de dichas muestras pero no así con las que habían sido recubiertas que presentaron un contenido de SST de 9.33°Bx .

Lo obtenido en lo referente al contenido de sólidos solubles en el presente estudio es análogo a estudios previos acerca del almacenamiento de frutos en envases de atmósferas modificadas como aquellos de: Nielsen y Leufvén (2008) sobre fresa, Ustun *et al.* (2012) sobre uva globo, Moor *et al.* (2014) sobre frambuesa roja, Costa *et al.* (2011) sobre uva de mesa y Del Nobile *et al.* (2009) sobre uva de mesa. En dichos estudios se indica que el contenido de sólidos solubles en envases con atmósferas modificadas presenta un aumento debido a que la pérdida de líquido de los mismos genera una concentración de azúcares provocando ese aumento aparente en la concentración de SST. No obstante en dichos estudios es indicado que los sólidos solubles presentan ligeras variaciones a lo largo del tiempo de experimentación, atribuido a que en ellos las películas utilizadas son de baja resistencia a la tasa de transferencia de gases de respiración.

Con base en los resultados anteriores, se concluye que el recubrimiento comestible a base de CMC y envasado en PET probó conservar mejor el contenido de sólidos solubles del fruto, ya que si bien al final del almacenamiento no mostró ser diferente de aquéllos que fueron recubiertos y envasados con la película de Nylon sino que fue mayor a los que se envasaron en PET sin recubrimiento; y a pesar de ser menor que el de los que fueron envasados con la película de alta barrera sin recubrimiento, los valores de SST presentaron menor fluctuación durante el tiempo de almacenamiento que los demás tratamientos evaluados.



5.3.2.2. Acidez.

En la Figura 32, puede observarse el comportamiento de la acidez titulable al envasar la frambuesa mínimamente procesada en recipientes de diferentes materiales. Dicho parámetro, como se mencionó en el apartado 5.1.2.2., está íntimamente relacionado con la percepción del sabor debido a los ácidos orgánicos presentes en las frutas.

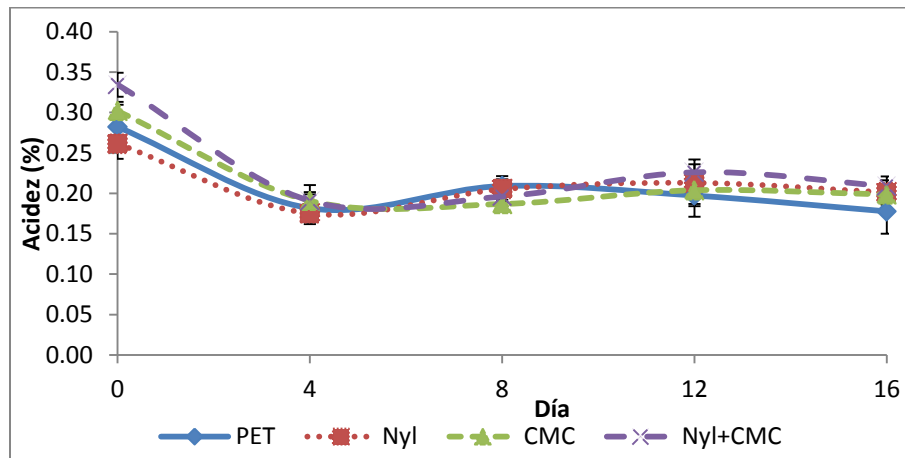


Figura 32. Acidez de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Puede observarse que la acidez de los frutos es decreciente y en todos los casos presenta valores similares (Figura 32) además que el intervalo de disminución de acidez entre el inicio y fin del almacenamiento va del 37.6% (para el caso de los frutos recubiertos y sellados con la película de alta barrera al oxígeno) al 22.9% (para las que sólo fueron colocadas con el envase sellado con la película de Nylon). Se observó que al comenzar el almacenamiento los frutos recubiertos y envasados en atmósfera modificada mostraron la acidez titulable más alta (0.335%) presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con la acidez de los frutos contenidos en los demás envases, por el contrario los que se encontraban contenidos en el envase sellado con Nylon exhibieron la menor acidez de dicho día de muestreo (0.261%) indicando el análisis estadístico que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con las que fueron recubiertas (en envase de PET y con atmósfera modificada). Para el día 4 de almacenamiento, el valor de acidez estuvo comprendido en un rango de 0.175% (Nyl) a 0.191% (CMC y Nyl+CMC), el análisis



estadístico mostró que en dicho día de muestreo no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre la acidez de los frambuesas. En el octavo día de almacenamiento el rango de acidez de las frutas se encontró entre 0.187% (CMC) a 0.209% (PET) no existiendo diferencia significativa ($P \geq 0.05$). Al día 12 de almacenamiento las muestras envasadas en PET y las recubiertas con CMC presentaron una acidez 12.8 y 9.7% menor respectivamente con respecto a las recubiertas en envase de atmósfera modificada, a pesar de ello, los valores de acidez no mostraron diferencia significativa ($P \geq 0.05$). Finalmente el rango de acidez comprendió valores desde 0.178% (para las envasadas en PET) a 0.209% (para las recubiertas con el envase sellado con la película de alta resistencia al oxígeno), no habiendo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre la acidez de las frutas envasadas con diferentes materiales.

Los resultados obtenidos son comparables con los estudios de: Costa *et al.* (2011), Del Nobile *et al.* (2009), Ustun *et al.* (2012) sobre uvas en envase de atmósferas modificadas, Moor *et al.* (2014) acerca de envase en atmósferas modificadas de frambuesa, y Selcuk y Erkan (2014) sobre granada dulce en envase de atmósfera modificada. En dichos estudios, se indica que la acidez de los productos envasados con altas concentraciones iniciales de oxígeno la acidez titulable de los mismos tiende a disminuir con respecto a envases tradicionales, debido a la alteración de su metabolismo por la concentración de gases, sin embargo, dicha disminución no es significativa en comparación de los otros productos.

Con base en los resultados obtenidos para este parámetro, se concluye que el material de envase no presenta un efecto notable sobre la acidez del producto mínimamente procesado de frambuesa.

5.3.2.3. pH.

El pH de las muestras a modo de comparación de los valores de acidez titulable, ya que es la medición de iones H^+ en el medio y que por ende también interviene en las características sensoriales, también fue evaluado para determinar el efecto que tenía la atmósfera generada por los materiales del envase sobre dicho parámetro. La evolución de dicho parámetro con respecto al tiempo de almacenamiento se muestra en la Figura 33.

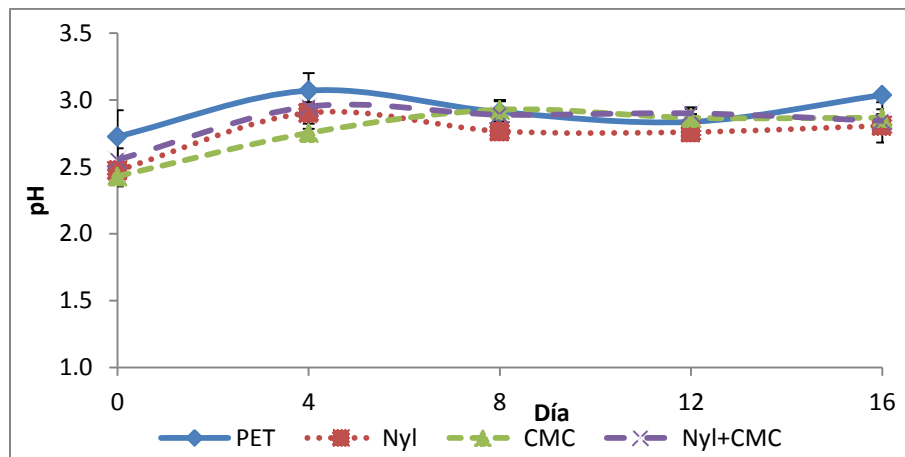


Figura 33. pH de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

La Figura 33 ilustra el comportamiento del pH del producto mínimamente procesado de frambuesa con respecto a los diferentes materiales de envase en el que fueron contenidos, en dicha figura es notorio que dicho parámetro muestra una tendencia casi inalterable a lo largo del tiempo de almacenamiento, principalmente para aquéllos que se encontraban en envase de PET sin recubrimiento. Al inicio del experimento, se mostró que el valor más alto de pH (2.7) fue presentado por las muestras en envases de PET, indicando el análisis estadístico que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con el pH de las que fueron sometidas a recubrimiento y al envasado con la película de Nylon, dichas diferencias fueron de 6.3, 9.2 y 10.7% para Nyl+CMC, Nyl y CMC respectivamente. En el segundo día de muestreo las frambuesas en envase de PET mostró el valor de pH más alto (3.07) y el valor más bajo de dicho día fue de 2.75 (CMC), el análisis estadístico indicó que entre dichos valores de pH se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) mas no así entre el valor de pH de las restantes. Al 8º día de almacenamiento el pH de los frutos contenidos en el envase sellado con la película de Nylon fue 5.5% menor que los que fueron tratados con el recubrimiento de CMC, 5.2% menor en comparación con los que estaban contenidos en PET y 4.5% con respecto a los que fueron tratados tanto con recubrimiento como con envase de atmósfera modificada; existiendo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el pH de aquéllos envasados en recipiente de PET y los restantes. En el día 4º día de muestreo el rango de pH fue de 2.76 a 2.90, no existiendo



diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los valores de pH de las diferentes muestras. En el último día de muestreo el pH de las frutas envasadas en el recipiente de PET fue nuevamente el más alto (3.03) con respecto a los valores de pH de las que fueron contenidas en otros materiales; siendo el pH de las últimas: 5.6% (CMC), 6.3% (Nyl+CMC) y 7.6% (Nyl) menor con respecto a las primeras, presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Pueden compararse los resultados que se obtuvieron en el presente estudio con investigaciones previas como los de: Costa *et al.* (2001), Del Nobile *et al.* (2009), Ustun *et al.* (2012) (uvas en envase de atmósferas modificadas), Moor *et al.* (2014) (envase en atmósferas modificadas de frambuesa), y Selcuk y Erkan (2014) (granada dulce en envase de atmósfera modificada). En las investigaciones mencionadas, se estableció que los envases que permiten la acumulación de CO_2 con el paso del tiempo, el pH presenta una ligera disminución ya que pueden llegar a presentarse cambios metabólicos de orden fermentativo, tal como se observó en los resultados anteriormente mostrados.

Con base en lo observado en lo referente al pH de las frambuesas, es posible concluir que el envase de PET resultó más efectivo para la estabilidad del parámetro, ya que a comparación de los otros tratamientos, no mostró un decremento en el pH del producto mínimamente procesado de frambuesa.

5.3.2.4. Color.

El color de los frutos está dado por diferentes parámetros, cuyos valores se encuentran ligados a los compuestos metabólicos generados, por lo que los envases en atmósferas modificadas que tienen un efecto sobre el mismo, alteran a su vez el color.

5.3.2.4.1. Luminosidad.

La luminosidad va de un rango de 0 a 100, siendo un atributo del color que indica la claridad del mismo, donde 0 representa negro y 100 blanco.

En la Figura 34 se observa que las tendencias de luminosidad fueron similares en lo que respecta al empleo de PET o de la película de Nylon. En dicha figura se aprecia que con excepción de los dos primeros días de muestreo la luminosidad de las muestras contenidas en el envase con la película de alta resistencia al oxígeno fue mayor que las que estaban en el envase de PET.

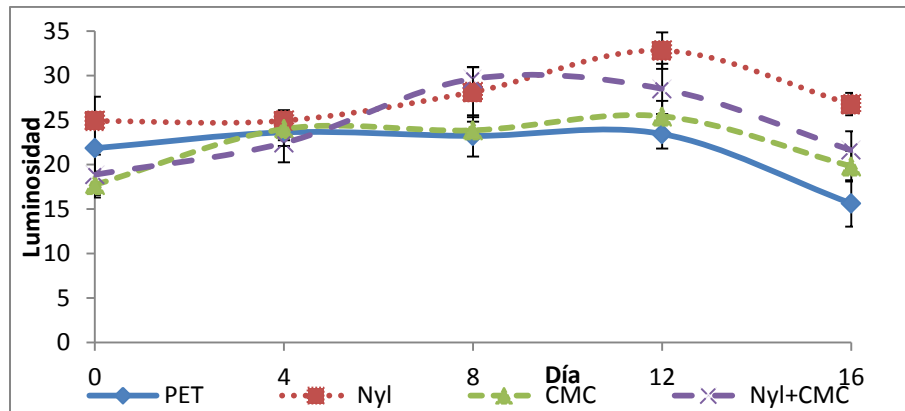


Figura 34. Luminosidad de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Al inicio del almacenamiento se observó que luminosidad de las muestras envasadas en el recipiente sellado con la película de Nylon fue 3% mayor que las que se encontraban en el envase de PET, 6% mayor que las que recubiertas en envase sellado y 7% mayor con respecto a las recubiertas en envase de PET. Para el segundo día de muestreo la luminosidad de las frambuesas que se encontraban contenidas en el envase con la película de Nylon fue 1% mayor que la de las que fueron envasadas en PET y 2.5% mayor que las envasadas en el recipiente sellado con recubrimiento, el análisis estadístico reveló que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la luminosidad de las primeras con las últimas. En el día 8 de almacenamiento la luminosidad de los frutos envasados en los recipientes sellados con el polímero de alta resistencia al oxígeno fue 3 unidades mayor con respecto al de aquéllos que fueron envasados en PET presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre sí sin influencia notoria del recubrimiento a base de CMC. Al 12° día de almacenamiento se observó que la luminosidad de la frambuesa se mantuvo casi constante con respecto al valor del muestreo anterior, con excepción de las envasadas con la película de Nylon que presentaron un aumento de 4 unidades, siendo 4 unidades mayor que las que fueron envasadas con el mismo material pero con recubrimiento, 7 más que las envasadas en PET con recubrimiento y 9 más que las que estaban contenidas en el envase de PET sin recubrimiento; el tratamiento estadístico mostró que no existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre la luminosidad de las



frambuesas envasadas en PET con recubrimiento y sin recubrimiento, no así entre la de las que fueron envasadas con la película de alta barrera. En el último día de almacenamiento las frutas envasadas en PET mostraron tener: 41.7% menos luminosidad que las envasadas en el recipiente sellado con Nylon, 27.7% menos que las recubiertas contenidas en el envase de atmósfera modificada y 21.1% menos que las que fueron recubiertas y envasadas en PET; el análisis estadístico señaló que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la luminosidad de éstas y las otras frutas, pero no así entre la luminosidad de las muestras recubiertas independientemente del envase en el que estaban contenidas.

Los resultados del presente estudio son comparables con los de investigaciones previas acerca del envasado en atmósferas modificadas de: Artés-Hernández *et al.* (2004), Nielsen y Leufvén (2008), Ustun *et al.* (2012), y Selcuk y Erkan (2014), en las cuales la luminosidad de las frutas contenidas en envases con altas concentraciones de CO_2 aumenta debida a la pérdida de líquido al punto de presentarse un ligero blanqueamiento; considerando de esta manera el incremento en la luminosidad un comportamiento indeseable en los frutos, la cual variaba en un rango de 2 a 6 unidades.

Con base en el análisis previo es posible concluir que el envase con la película de alta resistencia al oxígeno no es adecuado para preservar la luminosidad de la frambuesa mínimamente procesada ya que se genera un aumento no deseable en la misma, mientras que el empleo de los envases de PET mantienen los valores de luminosidad del producto por un período de tiempo más prolongado.

5.3.2.4.2. °Hue.

El valor del ángulo Hue es referente al círculo de color de 360° en el que los valores de 0° , 90° , 180° , y 270° representan los colores: rojo, amarillo, verde y azul respectivamente; dicho de esta manera, el valor del ángulo indica el verdadero color o matiz que es efectivo para la apariencia de los productos alimenticios (McGuire, 1992; Rocha y Morais, 2003)

El valor del ángulo Hue de la frambuesa se ejemplifica en la Figura 35, en la que puede observarse que aunque con diferente intensidad, se siguió la misma tendencia para los cuatro envases evaluados siendo las que se encontraban en PET las que mostraron los valores más altos (25.87°) al inicio del experimento, y más bajos (2.32°) al día 12 de almacenamiento.

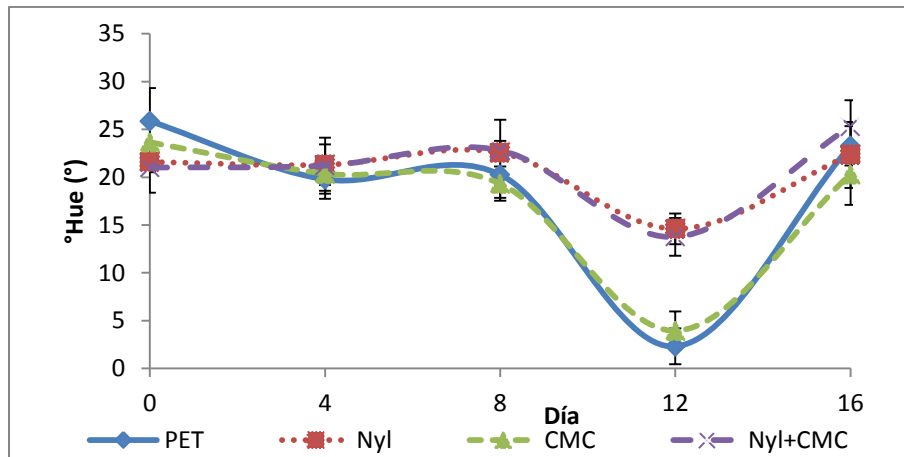


Figura 35. °Hue de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Al inicio del almacenamiento se observó que las muestras recubiertas con CMC que estaban contenidas en el envase sellado con la película de Nylon presentaron un °Hue 2.7% menor con respecto a las que se encontraban en el mismo envase sin recubrimiento, 11.2% menor que las recubiertas envasadas en PET y 18.8% menor en comparación con aquéllas que fueron envasadas en recipiente de PET sin recubrimiento; el análisis estadístico indicó que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el valor Hue de éstas últimas y las que estaban en el envase con atmósfera modificada. Al segundo día de muestreo fue notable un decremento en el valor del °Hue de los frutos que se encontraban contenidos en el envase de PET, dicha disminución fue de 6° para los no recubiertos y de 3° para los recubiertos, mientras que las que se encontraban en el envase sellado no sufrieron modificación notable con respecto al valor anterior, en este día no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los valores de matiz. Para el día ocho de almacenamiento las frambuesas que se encontraban en envases con la película de Nylon presentaron un aumento con respecto al valor anterior siendo 2° mayor que las envasadas en PET y 3° mayor en comparación de las recubiertas contenidas en envase de PET; el análisis estadístico reveló que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el valor de °Hue de éstas últimas con respecto a las envasadas con la película de alta resistencia al oxígeno. En el día 12 de almacenamiento se observó una disminución general en el valor del ángulo Hue siendo éste más notorio en las muestras envasadas en



PET, cuyo valor estuvo 78.6% por debajo del valor exhibido por las que fueron envasadas en el recipiente sellado con la película de Nylon; el tratamiento estadístico demostró que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el valor del ángulo de las que fueron envasadas en recipientes de polietileno de tereftalato con respecto a las que se encontraban en el envase de atmósfera modificada. Al final del almacenamiento fue notable un incremento en el valor del ángulo, el aumento en el valor fue de: 8° para las recubiertas en envase sellado, 6.5° para las que se encontraban en el mismo envase sin recubrir, 11° para las contenidas en PET sin recubrir y 13° para las recubiertas envasadas en recipientes de PET; el análisis estadístico señaló que sólo se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el valor Hue de las recubiertas en PET y las recubiertas en envase con la película de Nylon.

Los resultados que fueron recabados en la presente investigación son análogos a los de estudios previos referentes a la conservación de frutos en tecnología de atmósferas modificadas llevados a cabo por: Nielsen y Leufvén (2008), Giovanelli *et al.* (2014), Moor *et al.* (2014), y Selcuk y Erkan (2014). En las investigaciones mencionadas se reportó que el almacenamiento en atmósferas ricas en CO_2 genera un cambio en la tonalidad de los frutos, provocando que la tonalidad rojiza se perdiese y los frutos se tornasen amarillentos; en términos del valor del ángulo Hue significa que los valores tienden a los 90° (tono amarillo).

Con base en lo anteriormente explicado, es posible concluir que no es conveniente el almacenamiento en el envase con la película de Nylon de alta barrera al oxígeno debido a que altera las tonalidades deseadas de la frambuesa mientras que el envasado en PET mantiene la tonalidad rojiza del fruto.

5.3.2.4.3. Croma.

El croma hace referencia a la intensidad o saturación del color, cuestión que está representada por valores de un rango de 0 a 60 (Varastech *et al.*, 2012).

En la Figura 36 se ilustra el comportamiento del croma del producto en la que es posible apreciar que se generaron tendencias similares entre los envases de PET (recubiertos y no recubiertos), mientras que la tendencia de éste parámetro de los frutos envasados en Nylon no fue análoga sino hasta después del 8° día de almacenamiento.

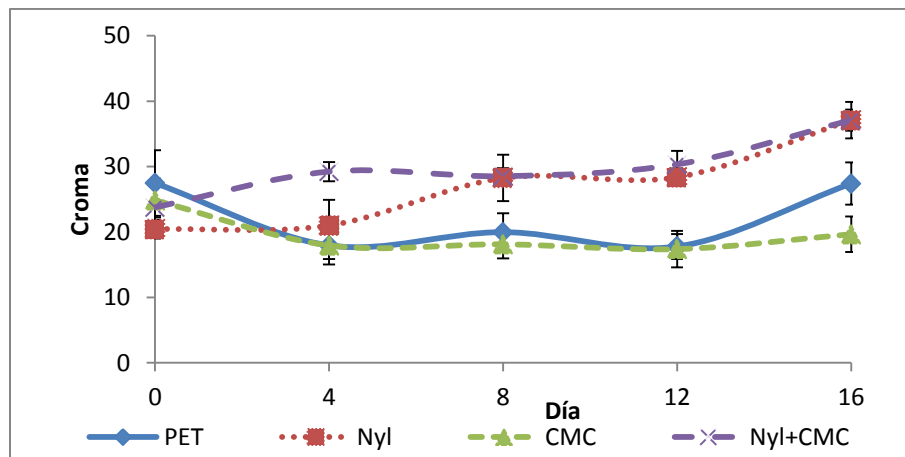


Figura 36. Croma de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Al inicio de la etapa experimental el rango del valor del croma fue de 20.43 (Nyl) a 27.47 (PET), de manera que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) sólo entre el croma de éstos dos envases. Para el segundo día de muestreo se observó que el croma de las frambuesas contenidas en envases de PET disminuyó mientras que el de las que estaban en el envase sellado con Nylon sufrió un ligero aumento, dónde el de las que estaban recubiertas fue mayor que los demás en: 8 unidades (Nyl), y 11 unidades (PET y CMC); el análisis estadístico reveló que el croma de las primeras mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al de las demás. Se apreció que en el día 8 de almacenamiento el valor del croma de los frutos se mantuvo constante, con excepción de los que se encontraban envasados en el recipiente sellado con la película de alta barrera al oxígeno, el croma de las que se encontraban en PET fue 31.7% que las envasadas con Nylon, y el de los recubiertos en PET 38% menor con respecto a las mismas; el análisis estadístico señaló que la influencia del recubrimiento no fue significativa ($P \geq 0.05$) pero sí el del material del envase. En el día 12 de almacenamiento fue notable un ligero aumento en el valor del croma de las frutas recubiertas que se encontraban contenidas en el envase sellado con Nylon y el de las envasadas en PET mostró una ligera disminución, mientras que el de las demás permaneció casi inalterable; el croma de las envasadas en PET (con y sin recubrimiento) fue 38.3% menor al de las envasadas con Nylon y 42.3% menor con respecto a las recubiertas contenidas en el envase sellado; el tratamiento estadístico




indicó que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el croma de las envasadas en PET y las envasadas con la película de alta barrera, sin influencia del recubrimiento. Al final de la etapa experimental se registró un incremento en el valor del croma de las frambuesas con excepción del de aquéllas que fueron recubiertas y envasadas en PET, cuyo valor fue: 28.3% menor que el de las envasadas en PET sin recubrimiento y 47.0% menor con respecto a las que se encontraban contenidas en el envase de atmósfera modificada; el análisis estadístico señaló que sólo no había diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre el croma de las recubiertas y no recubiertas en envase sellado con Nylon.

Los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser comparados con los del estudio de Nielsen y Leufvén (2008) sobre el empleo de atmósferas modificadas para la conservación de fresa, ya que en dicho estudio se indica que se genera un aumento en la saturación del color debido a la acumulación de pigmentos. A su vez, los resultados presentados son contrarios a los obtenidos por Selcuk y Erkan (2014) en su estudio acerca de la conservación de granada dulce en atmósferas modificadas atribuidas a la inactivación de enzimas productoras de compuestos fenólicos.

Con base en lo anterior es posible indicar que el envasado en el envase con la película de Nylon de alta resistencia al oxígeno afecta de manera favorable éste parámetro ya que se genera un incremento en la saturación del color.

En la Tabla 18 se observa de manera general la evolución del color de los frutos dentro del envase a lo largo de la etapa experimental.

















Tabla 18. Seguimiento fotográfico de la frambuesa mínimamente procesada en diferentes materiales de envase.

Día	PET	Nyl	CMC	Nyl+CMC
0				

Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC.



Tabla 18 (Continuación). Seguimiento fotográfico de la frambuesa mínimamente procesada en diferentes materiales de envase.

Día	PET	Nyl	CMC	Nyl+CMC
4				
8				
12				
16				

Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC.

De manera general puede decirse lo siguiente referente al color: las frambuesas que se encontraban en el envase sellado con la película de Nylon de alta resistencia al oxígeno desarrollaron a lo largo de la etapa experimental una tonalidad más brillante en contraste con las que fueron almacenadas en PET, que se apreciaban opacas; a pesar de dicha característica el color de las muestras contenidas en el envase sellado con la película de alta barrera presentaba matices más anaranjados que su contraparte en PET; no obstante, la intensidad fue mayor para las que se encontraban en el envase de atmósferas modificadas; lo anterior tiene base en lo discutido por separado con los atributos de dicho parámetro así como en las imágenes mostradas en la Tabla 18.

Si bien el color de las frambuesas contenidas en el envase sellado con la película de Nylon podría resultar más atractivo para un posible consumidor, el envase genera otro



tipo de problemas como es la liberación de líquido, que puede apreciarse claramente en las imágenes expuestas en la Tabla 18 y del que se tratará en el siguiente apartado.

5.3.2.5. Liberación de Líquido.

La liberación de líquido como efecto del material de envase en el que fueron contenidas las frambuesas mínimamente procesadas se encuentra ilustrado en la Figura 37.

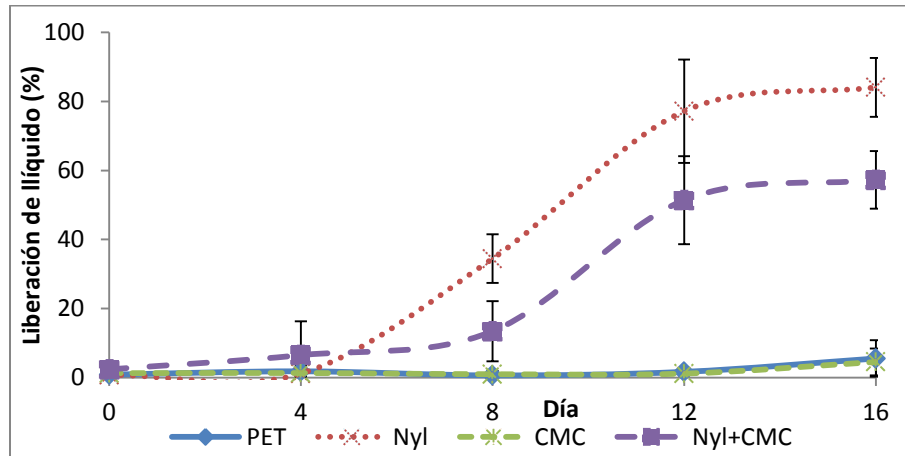


Figura 37. Porcentaje de liberación de líquido de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

De manera general puede observarse que las muestras que fueron envasadas en el recipiente de PET presentaron idéntica análoga a lo largo del tiempo de almacenamiento con un aumento de apenas 4% y no presentando diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre sí en ningún momento; por otro lado, aquellas que habían sido envasadas con la película de Nylon presentaron un aumento en la liberación de líquido de 55% (recubiertas) y 83% (no recubiertas), siendo la pérdida de líquido notable en ambos casos.

Se observó que en el primer día de muestreo, el rango de porcentaje de liberación comprende valores de 0.74% (envase con la película de alta barrera al oxígeno) a 2.35% (envase con película de Nylon y recubrimiento de CMC), el análisis estadístico reveló que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la liberación de líquido de éste último conjunto con respecto a los de los otros. Al segundo día de muestreo se apreció un ligero incremento en la liberación de líquido de las muestras, 0.5% de manera general para Nyl,



PET y CMC, mientras que el aumento en el parámetro para las recubiertas en envase con película de Nylon fue de 4%, indicando el análisis estadístico que se presentó nuevamente diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre éste y la liberación de líquido de las que fueron contenidas en los recipientes restantes. Para el 8° día de almacenamiento los frutos que estaban contenidos en el envase con la película de alta barrera al oxígeno (recubiertos y no recubiertos) mostraron una mayor liberación de líquido que las que fueron envasadas en PET, ya que las últimas mostraron 92.8% menor liberación de líquido que las que fueron recubiertas y envasadas con la película de Nylon y 97.2% menos que las que estaban contenidas en el envase con atmósferas modificadas; el análisis estadístico indicó que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la liberación de líquido de aquellos que se encontraban en el envase con la película de Nylon y a su vez con aquellas que fueron envasadas en recipientes de PET. Para el 12° día de almacenamiento, la liberación de líquido de las frambuesas envasadas en Nylon sin recubrimiento presentaron un incremento en la liberación de líquido 2.2 veces mayor con respecto al día de muestreo anterior, por otro lado las que fueron envasadas con la película de alta barrera al oxígeno y recubiertas con CMC mostraron un incremento 3.8 veces mayor con respecto al valor de liberación de líquido del octavo día de almacenamiento; las que fueron envasadas en PET presentaron 98.5% menos liberación de líquido que las que fueron contenidas con las película sellada de Nylon y 97.8% menos que las que se encontraban recubiertas y en el recipiente sellado con Nylon; el análisis estadístico indicó que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la liberación de líquido de las envasadas en PET y las que fueron envasadas en el envase de atmósfera modificada y a su vez entre las recubiertas y no recubiertas de éste último envase. Finalmente las muestras que envasadas con la película de alta barrera mostraron el valor de liberación más alto registrado en la etapa experimental (84%) que fue 26.7% más elevado que el de las que se encontraban recubiertas y envasadas con el mismo material, y 79.5 unidades porcentuales más elevado que las que se encontraban en el recipiente de PET, el tratamiento estadístico de los datos indicó que se presentó diferencia significativa ente la liberación de líquido de las muestras contenidas en los diferentes envases con excepción de aquellos que fueron envasados en PET.

Los resultados de esta investigación son contrastantes con los de investigaciones previas de: Artés-Hernández et al. (2006), Giovanelli *et al* (2014), Nielsen y Leufvén (2008) y Selcuk y Erkan (2014), ya que en dichos estudios se indica que se reduce la pérdida de



humedad o liberación de líquido de los frutos debido a que los envases que fueron evaluados prevenían dicho fenómeno porque se evitaba la migración de agua por parte del fruto por las condiciones de humedad generadas en el empaque. La diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio y los previos se debe a que en dichas investigaciones se emplearon envases con polímeros que permitían una mayor transferencia de gases a diferencia de la película de Nylon empleada en el estudio realizado que impedía el paso del oxígeno al interior del envase; además que dicho envase generó una ruptura de los tejidos de la frambuesa debido a la presión alta generada por el envase de alta barrera.

Con base en lo anterior, puede concluirse que un envase tradicional hecho a base de polietileno de tereftalato genera una menor liberación de líquido del producto que el envase que permite la acumulación de CO₂.

5.3.2.6. Pérdida de Peso.

El porcentaje de peso total que la frambuesa mínimamente procesada presenta a lo largo del almacenamiento se encuentra ilustrado en la Figura 38.

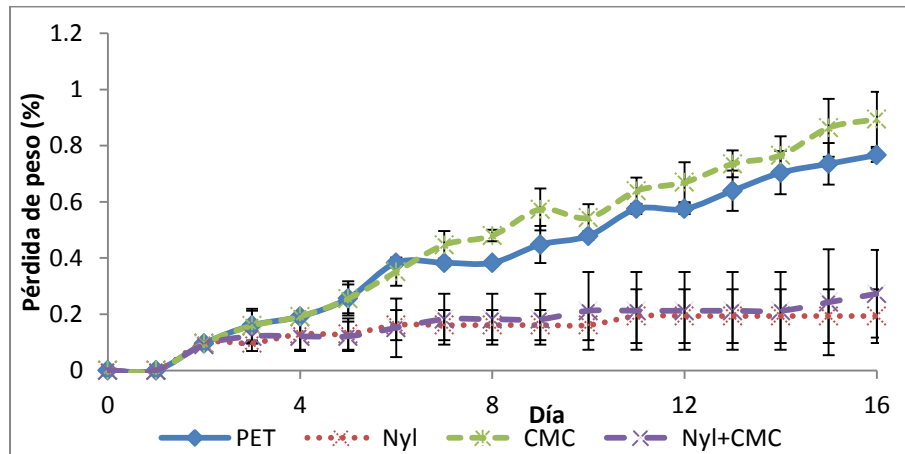


Figura 38. Pérdida de peso de la frambuesa mínimamente procesada con diferentes materiales de envase.

Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

En la Figura 38 se aprecia que hasta el día 3, los 4 diferentes tratamientos presentaron idéntica tendencia de incremento en la pérdida de peso, y que a partir de ese día las



muestras que se encontraba contenidas en el envase de PET mostraron tener mayor pérdida de peso que aquellas que se encontraban en el envase de atmósfera modificada pasiva, llegando la pérdida de peso hasta un valor de 0.89% para el caso de la que se encontraban en el recipiente de polietileno de tereftalato con recubrimiento.

Como se mencionó en el párrafo anterior, la pérdida de peso fue igual en los cuatro diferentes envases evaluados hasta el tercer día de almacenamiento, de manera que para el cuarto día, las frambuesas que se encontraban en envases sellados presentaron 0.07% menos pérdida de peso que aquellas que estaban contenidas en recipientes de PET, no obstante, el análisis estadístico demostró que no había diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre ellas. Al octavo día de almacenamiento, se apreció que la pérdida de peso los frutos con envases similares mostraron tendencias similares, con 0.02% de diferencia entre los envases con la película de Nylon y 0.09% de diferencia entre los que se envasaron en PET; sin embargo, la diferencia que se presentó entre sí fue de 0.2% (en comparación con el las que se encontraban en el envase de polietileno sin recubrir) y 0.3% (con respecto a las recubiertas), de manera que el tratamiento estadístico señaló que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la pérdida de peso generada por los dos diferentes envases, pero señaló que el recubrimiento de CMC no presentaba influencia en los resultados. En el día 12 de almacenamiento se observó que las muestras que se encontraban en los envases con la película de alta resistencia al oxígeno tenían 3.7% menos pérdida de peso que las envasadas en PET y 4.7% menos que las que se encontraban en el mismo envase con recubrimiento de CMC, presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre envases, mas no con respecto al recubrimiento. Al final del almacenamiento las frutillas que se encontraban en envase de polietileno de tereftalato sin recubrir mostraron tener 0.13% menos pérdida de peso que su contraparte con recubrimiento, no presentando diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre sí; por el contrario las que se encontraban en el envase de atmósfera modificada tuvieron 0.08% de diferencia entre la pérdida de peso de ambas sin diferencia significativa ($P \geq 0.05$); sin embargo, el análisis estadístico demostró que sí había diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la pérdida de peso de las frambuesas en envase de PET y las del envase de la película de Nylon.

En comparación con las investigaciones previas sobre el tratamiento de envases de atmósferas modificadas de: uva de Artés-Hernández *et al.* (2006), Costa *et al.* (2011); frambuesa de Giovanelli *et al.* (2014), Moor *et al.* (2014); y granada de Selcuk y Erkan



(2014); los resultados obtenidos en el presente trabajos son similares a las de las investigaciones mencionadas. En dichos trabajos se concluyó que la pérdida de peso se ve reducida en los envases con películas poliméricas de diferente densidad ya que dichos polímeros reducen en gran medida la migración de vapor de agua hacia el exterior del envase, y por ende reduciendo la pérdida de peso general del producto. Por otra parte, se indicó que la conservación de este parámetro no se veía reflejada de manera general con otros evaluados.

Con respecto a lo observado en el presente estudio con respecto a la pérdida de peso de la frambuesa mínimamente procesada es posible concluir que la pérdida de peso se ve drásticamente reducida al utilizar envases con películas de alta barrera al oxígeno ya que previenen la migración de humedad del envase hacia el ambiente.

5.3.2.7. Carga Microbiana.

El resultado de la evaluación microbiológica del producto se ilustra en la Figura 39.

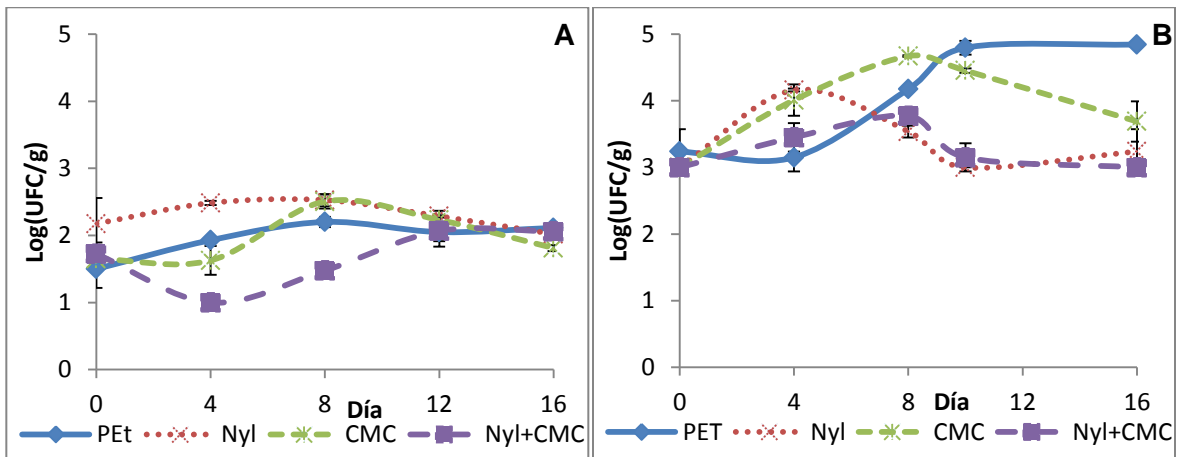


Figura 39. Carga microbiana del producto mínimamente procesado de frambuesa con diferentes materiales de envase. A) Mesófilos aerobios. B) Mohos. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

En dicha figura puede observarse que la carga de mesófilos aerobios (Figura 39A) permaneció siempre por debajo de la cantidad de mohos (Figura 39B) presentes en el producto mínimamente procesado de frambuesa; de la misma manera, se aprecia que la tendencia en el caso de las bacterias es más uniforme que la de los mohos. Al igual que



en la etapa de evaluación del desinfectante a utilizar, el conteo de coliformes fue nulo (<10 ufc), razón por la que no se muestran de manera gráfica.

En lo que respecta a los microorganismos mesófilos se aprecia en la Figura 39A que al inicio del almacenamiento las frambuesas envasadas en el recipiente sellado con la película de Nylon presentaron 0.5 Log(UFC/g) más carga microbiana que las que se encontraban recubiertas (tanto en empaque de PET como en envase sellado) y 0.7 Log(UFC/g) más que las que se encontraban en el envase de polietileno de tereftalato sin recubrimiento, el análisis estadístico demostró que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la carga microbiana de dicho día de muestro. En el segundo muestreo (día 4), se observó que la carga microbiana de las muestras recubiertas con CMC y envasadas en el recipiente de atmósfera modificada pasiva tuvieron la menor carga de bacterias mesófilas (1 Log(UFC/g)) en toda la etapa experimental, siendo menor que los otros tratamientos en una medida de: 0.6 unidades logarítmicas (CMC), 0.9 unidades logarítmicas (PET) y 1.5 unidades (Nyl), el análisis estadístico demostró que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la carga microbiana de las frutas con excepción de entre aquellas que fueron envasadas en PET. Para el tercer muestreo (día 8) la carga microbiana de los frutos mostró tener un aumento con respecto al conteo anterior, siendo la de los recubiertos en envase con película de Nylon menor a las de los otros en: 31.8% con respecto al envase de PET y 40% en comparación con los dos envases restantes, de manera que el tratamiento estadístico indicó que se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la carga microbiana de los envasados con la película de alta barrera y recubrimiento de CMC y la de los otros envases. Al día 12 de almacenamiento (cuarto muestreo), se reportó una disminución general de la carga de bacterias mesófilas aerobias, con excepción de la de las frambuesas recubiertas y en envase de atmósfera modificada que presentó un aumento del 28.6% con respecto al conteo anterior; el análisis estadístico mostró que no existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre la carga microbiana de los envases evaluados. Para el término del período de almacenamiento se apreció una disminución en la carga microbiana de las muestras en el envase con la película de alta resistencia (0.3 Log(ufc/g)) y recubiertas con CMC (0.4 unidades logarítmicas), mientras que la de los otros envases permaneció constante; para este día, fueron las recubiertas en CMC las que presentaron menor cantidad de mesófilos que las envasadas con el polímero de alta barrera (10%) y que las envasadas en PET y recubiertas en envase con película de Nylon (14.3%); no obstante el análisis estadístico



indicó que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la carga microbiana en dicho día de muestreo.

Con respecto a la presencia de mohos en el producto mínimamente procesado de frambuesa se observó una carga inconstante a lo largo del tiempo de almacenamiento, siendo las que fueron envasadas en contenedores de PET las que mostraron un aumento del 18.9% para las recubiertas y 33.3% para las no recubiertas.

Al inicio del almacenamiento el rango de la carga microbiana osciló entre 3.0 y 3.2 Log (ufc/g) sin diferencia significativa ($P \geq 0.05$). Para el segundo muestreo (día 4), el rango de carga de mohos aumento siendo para este día de 3.2 (PET) a 4.2 (Nyl); en dicho día las frambuesas del envase de PET presentaron 8.6% menos carga que las recubiertas en envase con película de Nylon, sin diferencia significativa ($P \geq 0.05$), a su vez presentaron 20% y 23.8% menos que las recubiertas en envase de PET y las envasadas con la película de alta resistencia al oxígeno respectivamente, con diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a éstas últimas. En el octavo día de almacenamiento (tercer muestreo) se reportó que la carga microbiana de las muestras contenidas en el recipiente sellado con la película de alta barrera fue 0.3 unidades logarítmicas menor que su contraparte recubierta, sin mostrar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre sí, no obstante, sí presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los otros dos envases con 16.7% menos carga que las envasadas en PET y 25.5% menos carga que las recubiertas en el envase de polietileno de tereftalano, ambas con diferencia significativa entre sí. Al cuarto muestreo (día 12), se apreció una disminución general en la carga microbiana de los frutos con excepción de aquéllos envasados en PET, que presentaron la mayor presencia de mohos reportada en la etapa experimental (4.8 Log(ufc/g)), sólo 0.3 unidades logarítmicas mayor que los recubiertos; por otro lado los que fueron envasados con la película de Nylon presentaron una carga 31.1% y 35.4% menor con respecto a las recubiertas y no recubiertas (ambas en envase de PET), el tratamiento estadístico reveló que había diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el material del envase pero que el recubrimiento no ejercía influencia notable en el parámetro. Para el final del tiempo de almacenamiento, las frambuesas contenidas en el envase de PET mantuvo la carga de mohos del muestreo anterior (4.8) presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a la carga de los otros envases, dicha diferencia fue del: 37.5% (Nyl+CMC), 33.3% (Nyl) y 22.9% (CMC).



Los resultados obtenidos en la presente investigación son comparables con los de las investigaciones previas de: Artés-Hernández *et al.* (2004, 2006), Nielsen y Leufvén (2008), y Moor *et al.* (2014). Los resultados de dichas investigaciones indican que en lo que respecta al ataque de microorganismos fúngicos, la incidencia disminuye en comparación de envases que no provocan la acumulación de CO₂, ya que las altas concentraciones de este gas inhiben el crecimiento de mohos. Sin embargo, también llega a presentar un efecto negativo en lo que respecta al crecimiento de microorganismos bacterianos, ya que el daño tisular generado por la presión y altas concentraciones de gases hace al fruto más vulnerable al ataque de dichos microorganismos aun cuando al inicio se haya presentado una disminución notable de la contaminación.

A partir de los resultados anteriores es posible concluir que si bien el envasado de las frambuesas en los recipientes sellados con la película de alta barrera al oxígeno, tienen consecuencias favorables en la carga microbiana del producto, conlleva a su vez efectos desfavorables en los parámetros de calidad.

5.3.3. Parámetros Fisiológicos.

5.3.3.1. Porcentaje de CO₂ y O₂ en el espacio de Cabeza.

Ya que uno de los objetivos de emplear diferentes materiales de envase en el procesamiento mínimo de la frambuesa era el generar una atmósfera modificada pasivamente a causa de la resistencia del material al paso del oxígeno, de modo que la medición de la composición gaseosa (CO₂ y O₂) del envase era un factor decisivo para determinar las condiciones que alarguen la vida útil del producto.

En la Figura 40, se ilustra de manera general que la concentración de los gases de los envases de PET se mantuvo constante y con idéntica tendencia durante casi todo el tiempo de almacenamiento, con excepción del cuarto día en que las muestras tratadas con recubrimiento presentaron menor concentración de oxígeno que las que no estaban recubiertas. Por otro lado, se observa que la composición de la atmósfera del envase presentó un cambio radical en la concentración de ambos gases en comparación con la de los envases de polietileno de tereftalato; asimismo, se observa que para éste tipo de envase, la concentración de oxígeno es complementaria a la del dióxido de carbono.

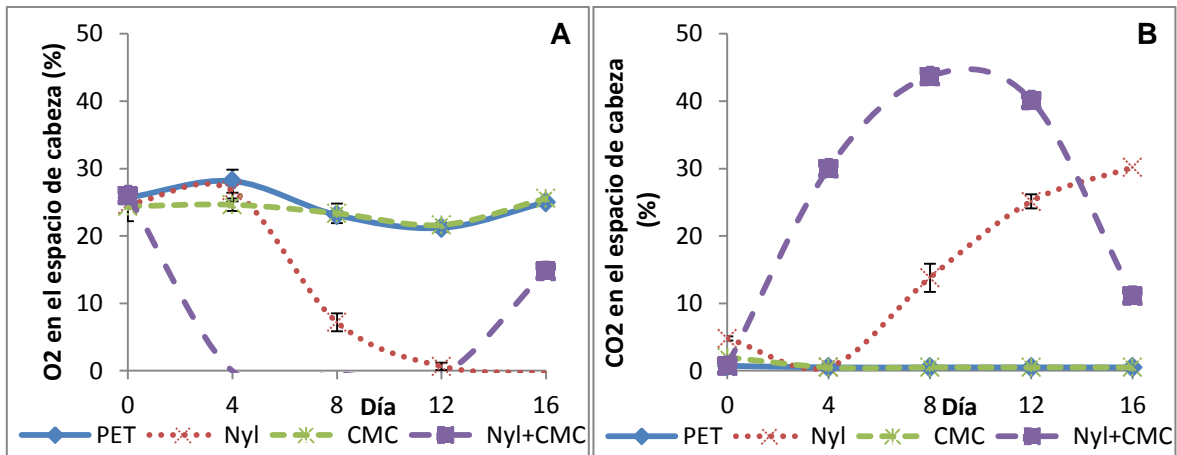


Figura 40. Porcentaje de CO₂ y O₂ en el espacio de cabeza del producto mínimamente procesado de frambuesa con respecto al método de envase. A) % de Oxígeno. B) % de CO₂. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Se observó que al inicio del almacenamiento, los cuatro envases evaluados presentaron concentraciones de los gases similares, pero en el caso del CO₂ el análisis estadístico demostró que existía diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el porcentaje del gas del envase sellado con la película de Nylon con recubrimiento, las que estaban recubiertas con CMC y los dos envases sin haber sido tratados con CMC, siendo la concentración del envase de las muestras recubiertas 1.7% mayor y la del envase de la película de alta barrera y CMC 4.1% mayor que las del envase de PET y de las del envase de atmósfera modificada sin recubrimiento. Para el segundo día de muestreo, se apreció que la concentración de gases de respiración del envase de la película de alta barrera y recubrimiento a base de CMC sufrió un cambio, mostrando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con la composición gaseosa de los otros envases evaluados; para el caso del CO₂, dicha diferencia fue de 29.5% más concentración de gas, mientras que para el O₂ la diferencia con respecto a los otros envases fue: 24.6% (CMC), 26.7% (Nyl), y 28.1% (PET); el análisis estadístico también señaló que se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las concentraciones de oxígeno de las frambuesas recubiertas y las que no lo estaban, ambas en envase de PET. Al octavo día de almacenamiento se observó que la concentración de oxígeno de los frutos en el envase sellado con Nylon presentó una marcada disminución, a la par que la de dióxido de carbono presentó un incremento; la



concentración de oxígeno de los envases de PET fue mayor por: 22.5% en comparación con el envase con la película de alta barrera y recubrimiento y 16% con respecto al envase de atmósfera modificada sin recubrimiento; a su vez el CO₂ fue menor 43.2% (en comparación con el envase sellado) y 13.3% (comparado con el envase con el polímero de alta barrera y recubrimiento); de esta manera el tratamiento estadístico indicó que existía diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la composición de los envases con atmósfera modificada y los envases de PET. Para el cuarto día de muestreo, la diferencia en concentración del envase con la película de Nylon con recubrimiento en comparación con las que fueron envasadas en PET fue: 21% menor en oxígeno y 39.5% mayor en CO₂; de la misma manera, las frambuesas en envase de atmósfera modificada presentaron 21% menos oxígeno y 25% más dióxido de carbono en comparación que las que estaban contenidas en recipientes de PET, el análisis estadístico reveló que existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) nuevamente entre los envases de polietileno de tereftalato y el sellado con la película de alta resistencia al oxígeno. Al final del almacenamiento la concentración de O₂ del envase con la película de Nylon y recubrimiento de CMC aumentó 14.2% con respecto al muestreo anterior y a su vez el CO₂ del mismo envase disminuyó 39% en comparación del día 12 de almacenamiento; la diferencia en la composición del envase sellado con la película de alta resistencia al oxígeno con respecto a la de los envases de PET fue: 25.1% menor en oxígeno y 29.5% mayor en dióxido de carbono, el tratamiento estadístico indicó que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la composición de la atmósfera de los envases de PET y los que fueron sellados con Nylon.

El presente estudio concuerda con las investigaciones previas de: Van der Steen *et al.* (2002), Nielsen y Leufvén (2008), Odriozola-Serrano *et al.* (2010), Giovanelli *et al.* (2014), y Selcuk y Erkan (2014), ya que en dichas investigaciones se reportó un incremento en la concentración de CO₂ y un decremento en la presencia de O₂, en diferente medida dependiendo de la permeabilidad de las películas utilizadas. En el caso de estudios que emplearon polímeros de alta resistencia, como la empleada en la presente investigación, se observó que el empleo de dichos polímeros el oxígeno es consumido tan rápidamente que se genera un metabolismo anaerobio en los frutos, en comparación del empleo de películas de baja densidad que permiten mantener un equilibrio en la atmósfera del envase.



Con base en los resultados obtenidos es posible concluir que el empleo de la película de Nylon, de alta resistencia al oxígeno, no tiene efectos favorables en la conservación de frambuesa ya que propicia un comportamiento fermentativo de la fruta a causa de la acumulación de dióxido de carbono provocado por la permeabilidad del polímero, mientras el envase de PET permitió una mejor tasa de transferencia de los gases de respiración alargando la vida útil del producto.

5.3.4. Análisis Sensorial.

Con el fin de determinar su aceptabilidad comercial se llevó a cabo un análisis sensorial del producto mínimamente procesado basado en una prueba hedónica los días: 4, 8 y 16 de almacenamiento (Figura 41).

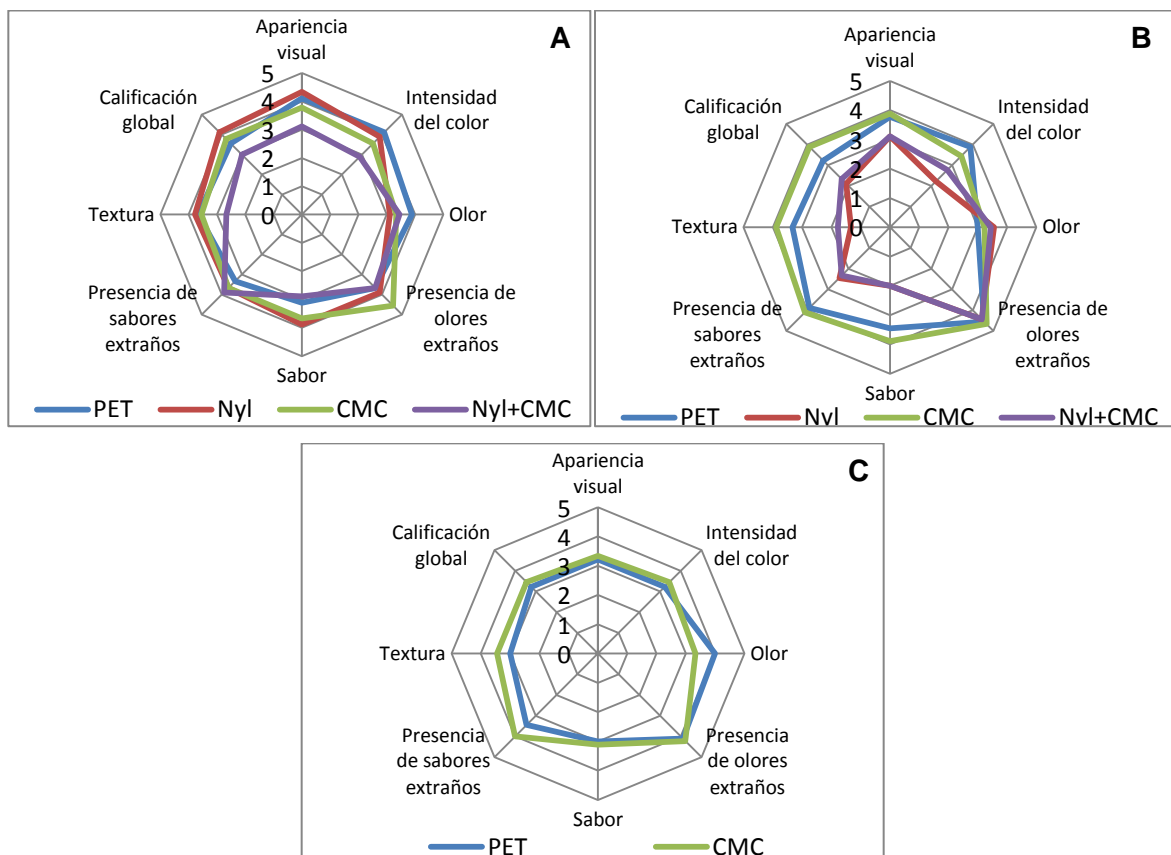


Figura 41. Evaluación sensorial del producto mínimamente procesado. A) Día 4. B) Día 8 C) Día 16. Dónde: PET=Envase tradicional de PET; Nyl=Envase sellado con una película de Nylon de alta barrera al oxígeno; CMC=Envase tradicional de PET y un recubrimiento a base de CMC; Nyl+CMC=Envase sellado con una película de Nylon y un recubrimiento a base de CMC.



La evaluación sensorial de las frambuesas contenidas en los recipientes sellados con la película de Nylon se llevó a cabo hasta el octavo día de almacenamiento ya que para el décimo sexto día presentaba claros indicios de fermentación, principalmente en el aroma. En cambio aquéllas que fueron envasadas en PET, recubiertas y no recubiertas, al día 16 fueron calificadas como aceptables como límite de consumo de manera general con una preferencia no significativa ($P \geq 0.05$) por las que fueron tratadas con el recubrimiento de CMC. En la Figura 41A puede apreciarse que no existe diferencia significativa entre la aceptación de las diferentes muestras proporcionadas a los panelistas, mientras que en la Figura 41B aquéllas que se encontraban en el envase con la película de alta barrera al oxígeno obtuvieron calificaciones desfavorables en comparación con las envasadas en PET.



Conclusiones y Recomendaciones



Conclusiones.

Con base en los resultados que se obtuvieron en el presente estudio es posible concluir que:

- ⊗ Los diferentes métodos de desinfección empleados solución de plata coloidal (Microdyn®), ozono acuoso e irradiación no ionizante (UV-C) probaron ser efectivos para el control del crecimiento microbiano; sin embargo, la exposición de la frambuesa a irradiación UV-C por 15 minutos fue la que demostró tener mayor efectividad en el control de microorganismos (específicamente de mohos) y a su vez generar un menor daño en el producto.
- ⊗ El empleo de irradiación UV-C como método de desinfección demostró ser una opción viable como alternativa a los tratamientos que son más utilizados, como las soluciones de plata coloidal, ya que además de no generar residuos, el producto obtenido a partir de dicha desinfección presenta una buena aceptabilidad sensorial, nutricional y una carga microbiana que se encuentra dentro de la normativa de productos mínimamente procesados de origen hortofrutícola.
- ⊗ Al comparar diferentes materiales de envase (Polietileno de Tereftalato, Polietileno de Tereftalato y recubrimiento a base de CMC, Película de Nylon de alta Resistencia al Oxígeno y Película de Nylon de alta Resistencia al Oxígeno y recubrimiento a base de CMC), se observó un cambio en la composición de la atmósfera del empaque. Las diferentes concentraciones de O₂ y CO₂ conllevaron un efecto significativo en la calidad de la frambuesa, principalmente en: los atributos de color, liberación de líquido y pérdida de peso.
- ⊗ Los envases con la película de Nylon provocaron una alta concentración de CO₂, y bajas de O₂ lo que causó una respiración anaerobia y un desorden en el metabolismo de la frambuesas que derivó en reacciones fermentativas detectadas en primera instancia por cuestiones de aroma, esto disminuyó considerablemente la vida útil del producto siendo su límite de 8 días a temperatura de 4°C, de manera que se consideraron ineficientes para la conservación de la frambuesa mínimamente procesada.



- ⊗ El envase de Polietileno de Tereftalato (PET) mantuvo una composición de la atmósfera apropiada para la conservación del producto, manteniendo la calidad y aceptación sensorial de la frambuesa mínimamente procesada mediante el control del valor nutritivo, determinado por la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas, acidez, azúcares, determinados indirectamente por el contenido de sólidos solubles totales y liberación de líquido, de manera que el producto fue estable de manera general hasta un período de 16 días.
- ⊗ La evaluación sensorial mediante una prueba hedónica de preferencia de la frambuesa mínimamente procesada envasada en diferentes materiales señaló una influencia de éste a causa de la composición gaseosa generada en el mismo, resultando en una mayor aceptación por las frambuesas envasadas en PET.
- ⊗ El envase de PET sin recubrimiento de CMC y la desinfección con irradiación UV-C por 15 min probaron ser la combinación más efectiva para prolongar la vida útil del producto en comparación con los otros métodos de desinfección y materiales de envase que fueron evaluados.



Recomendaciones.

El presente trabajo de investigación no es sino un pilar en el desarrollo de las investigaciones que tienen como objetivo el fomentar el consumo de frambuesa como un alimento de gran aporte nutricional así como su tratamiento como un producto mínimamente procesado de modo que se revalore su consumo con respecto a otros frutos más ampliamente producidos y a su vez se fomente su producción nacional aprovechando las condiciones naturales.

Con base en lo anterior y a los resultados obtenidos de la investigación presentada, se consideran apropiadas las siguientes recomendaciones para trabajos futuros:

- ∅ Evaluar el efecto de los agentes desinfectantes, así como de la atmósfera modificada sobre el contenido de ácido ascórbico, así como el contenido de flavonoides de la frambuesa a manera de complemento del perfil de polifenoles involucrados en la capacidad antioxidante.
- ∅ Realizar un perfil individual de antocianinas para determinar el efecto que tienen los agentes desinfectantes y la atmósfera modificadas sobre dichos componentes, ya que la relación en que estén presentes estos componentes está íntimamente relacionada con el control de los frutos.
- ∅ Evaluar el efecto de otros agentes y tecnologías desinfectantes que resulten alternativos al cloro tales como: ozono gaseoso, agua electrolizada, ultrasonido, bajas dosis de irradiación gamma, y pulsos de luz; lo anterior variando los tiempos de exposición y la combinación de las tecnologías para determinar su efecto sobre: la carga microbiana, parámetros de calidad y nutricionales de la frambuesa.
- ∅ Evaluar el efecto de otros materiales de envase que presenten diferentes permeabilidades al oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua sobre la calidad de la frambuesa mínimamente procesada, como: polipropileno, polietileno de baja y alta densidad, poliestireno, cloruro de polivinilo, películas con micro y macro-perforaciones.



- ⊗ Evaluar el efecto del procesamiento mínimo sobre otras frutillas como: arándanos rojos y azules, zarzamoras, y otras variedades de frambuesa para determinar sus condiciones óptimas y mejorar su tratamiento post-cosecha.

- ⊗ Evaluar el efecto de los tratamientos de desinfección sobre la inocuidad del producto mediante un análisis microbiológico enfocado en la determinación de patógenos (*Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Listeria monocytogenes*).



Bibliografía



- Alegria, C., J. Pinheiro, M. Duthoit, E.M. Gonçalves, M. Moldão-Martins, M. Abreu, (2012). Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *LWT - Food science and technology*, 48: 197-203.
- Al-Haq, M. I., V. M. Gómez-López (2012). Electrolyzed oxidizing water. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. (pp. 135-165). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Alothman, M., R. Bhat, A. A. Karim (2009). UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10: 512-516.
- Alothman, M., B. Kaur, A. Fazilah, R. Bhat, A. A. Karim (2010). Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 666-671.
- Antolovich, M., P. D. Prenzler, E. Patsalides, S. McDonald, K. Robards (2001). Methods for testing antioxidant activity. *The Analyst*, 127: 183-198.
- Artés-Hernández, F.; E. Aguayo, F. Artés (2004). Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 31: 59-67
- Artés-Hernández, F.; F. A. Tomás-Barberán, F. Artés (2006). Modified atmosphere packaging preserves quality of SO₂-free 'Superior seedless' table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 146-154.
- Artés-Hernández, F.; P. A. Robles, P. A. Gómez, A. Tomás-Callejas, F. Artés (2010). Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*, 55: 114-120.
- Baking naturally (2015). Black raspberries. Consultado en Junio 2015. Disponible en: http://bakingnaturally.org/black-raspberry-recipes-raspberry-velvet-cupcakes/wild_black_raspberries.
- Balla, C.; J. Farkas, (2006). Minimally processed fruits and fruit products and their microbiological safety. En: Hui, Y. H. (Ed.), *Handbook of fruits and fruit processing*. (pp 115-128). Iowa: Blackwell Publishing.
- Barry-Ryan, C. (2012). The use of mild heat treatment for fruit and vegetable processing. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. (pp. 347-364). Oxford: Wiley-Blackwell.



- Barry-Ryan, C.; P. Bourke (2012). Essential oils for the treatment of fruit and vegetables. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 225-246). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Bascopé, A. (2012). Realidad productiva de la frambuesa EE.UU. y México. Agrimundo: Chile.
- Bobinaité, R.; P. Viškelis, P. R. Venskutonis (2012). Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. Food Chemistry, 132: 1495-1501.
- Boonkorn, O.; H. Gemma, S. Sugaya, S. Setha, J. Uthaibutra, K. Whangchai (2012). Impact of high-dose, short periods of ozone exposure on green mold and antioxidant enzyme activity of tangerine fruit. Postharvest Biology and Technology, 67: 25-28.
- Botanical online (2015). Frambueso. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/frambuesas.htm#>.
- Botanical online (2015). Frambuesas (Propiedades alimentarias de la frambuesa). Consultado en Junio de 2015. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/propiedadesframbuesas.htm>.
- Brackett, R. E. (1994). Microbiological Spoilage and Pathogens in Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. En: Wiley, C. R. (Ed.), Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. (pp. 269-312). Springer Science and Business Media Dordrecht.
- Bravo, S.; J. García-Alonso, G. Martín-Pozuelo, V. Gómez, M. Santaella, I. Navarro-González, M.J. Periago (2012). The influence of post-harvest UV-C hormesis on lycopene, β -carotene, and phenolic content and antioxidant activity of breaker tomatoes. Food Research International, 49: 296-302.
- Chaidez, C.; N. Castro-del-Campo, J. B. Heredia, L. Contreras-Angulo, G. González-Aguilar, J. F. Ayala-Zavala (2012). Chlorine. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 121-134). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Chen, W.; H. Su, Z. Huang, L. Feng y H. Nie (2012). Neuroprotective effect of raspberry extract by inhibiting peroxynitrite-induced DNA damage and hydroxyl radical formation. Food Research International, 49: 22-26.



- Chen, L.; X. Xin, H. Zhang, Q. Yuana (2013) Phytochemical properties and antioxidant capacities of commercial raspberry varieties. *Journal of functional foods*, 5: 508-515.
- Cheng, G. W.; P. J. Breen (1991). Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116: 865-869.
- Četojević-Simin, D. D.; A. S. Velićanski, D. D. Cvetković, S. L. Markov, G. S. Četković, V. T. T. Šaponjac, J. J. Vulić, J. M. Čanadanović-Brunet, S. M. Djilas (2015). Bioactivity of Meeker and Willamette raspberry (*Rubus idaeus L.*) pomace extracts. *Food Chemistry*, 166: 407-413.
- CODEX ALIMENTARIUS (1995). CAC/RCP 44-1995. Code of practice for packaging and transport of fresh fruit and vegetables.
- CODEX ALIMENTARIUS (2003). CAC/RCP 53-2003. Code of hygienic practice for fresh fruits and vegetables.
- Costa, C.; A. Lucera, A. Conte, M. Mastromatteo, B. Speranza, A. Antonacci, M. A. Del Nobile (2011). Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering*, 102: 115-121.
- Del Nobile, M. A. (2009). Packaging strategies to prolong the shelf life of minimally processed lampascioni (*Muscari comosum*). *Journal of Food Engineering*, 90: 199-206.
- Del Nobile, M.A.; A. Conte, C. Scrocco, I. Brescia, B. Speranza, M. Sinigaglia, R. Perniola, D. Antonacci (2009). A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 21-26.
- Dragišić-Maksimović, J. J.; J. M. Milivojević, M. M. Poledica, M. D. Nikolić, V. M. Maksimović (2013). Profiling antioxidant activity of two primocane fruiting red raspberry cultivars (*Autumn bliss* and *Polka*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 31: 173-179.
- Escalona, V. H.; E. Aguayo, G. B. Martínez-Hernández, F. Artés (2010). UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 56: 223-231.
- European Commission Regulation, (EC) No 2073/2005. On microbiological criteria for foodstuffs.



- Fan, X. (2012). Ionizing radiation. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 379-406). Oxford: Wiley-Blackwell.
- FAOSTAT (2015). Raspberry production 2010-2013. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- Fellows, P. (2000). Food Processing Technology: Principles and Practice. Inglaterra: Woodhead Publishing Limited Cambridge.
- Fonseca, J. M.; J. W. Rushing, (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. Postharvest Biology and Technology, 40: 256-261.
- Fortalezas, S.; L. Tavares, R. Pimpao, M. Tyagi, V. Pontes, V., P. M. Alves, P.M., G. McDougall, D. Stewart, R. B. Ferreira, C. N. Santos (2010). Antioxidant properties and neuroprotective capacity of strawberry tree fruit (*Arbutus unedo*). Nutrients, 2: 214–229.
- Gálvez A.; R. Lucas, H. Abriouel, M. J. Grande-Burgos, R. Pérez-Pulido (2012a). Bacteriocins. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 317-332). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Gálvez A.; R. Pérez-Pulido, H. Abriouel, N. B. Omar, M. J. Grande-Burgos (2012b). Protective cultures. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 297-316). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Gil, M. I.; A. Allende (2012). Minimal Processing. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 105-120). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Giovanelli, G.; S. Limbo, S. Buratti (2014). Effects of new packaging solutions on physico-chemical, nutritional and aromatic characteristics of red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, 98: 72-81.
- Gómez, P. L.; S. M. Alzamora, M. A. Castro, D. M. Salvatori (2010). Effect of ultraviolet-C light dose on quality of fresh-cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. Journal of Food Engineering, 98: 60-70.
- Gómez-López, V. M. (2012a). Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. Oxford: Wiley-Blackwell.



- Gómez-López, V. M. (2012b). Continuous UV-C light. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 365-378). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Gómez-López, V. M. (2012c). Miscellaneous physical methods. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 407-416). Oxford: Wiley-Blackwell.
- González-Aguilar, G.; J. F. Ayala-Zavala, C. Chaidez-Quiroz, J. B. Heredia, N. Castro-del Campo (2012). Peroxyacetic acid. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 215-221). Oxford: Wiley-Blackwell.
- González-Aguilar, G. A.; E. Valenzuela-Soto, J. Lizardi-Mendoza, F. Goycoolea, M. A. Martínez-Téllez, M. A. Villegas-Ochoa, I. N. Monroy-García, J. F. Ayala-Zavala (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 15-23.
- González-Aguilar, G. A.; S. Ruiz-Cruz, R. Cruz-Valenzuela, A. Rodríguez-Félix, Y. C. Wang (2004). Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. *Food Science and Technology*, 37: 369-376.
- González-Olmos, M. G.; I. Guzmán-Morfín (2011). Efecto de películas comestibles formuladas a base de alginato y grenetina en la vida útil del mango cortado listo para consumir. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos. FES Cuautitlán. UNAM. México.
- Growing Birmingham (2012). Purple raspberry. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://growingbirmingham.org/wp-content/uploads/2012/07/Purple-raspberry.jpg>.
- Guevara, J. C. (2010). Empacado de alimentos. Trillas. 1a Edición. México.
- Habibi-Najafi, M. B.; M. H. Haddad-Khodaparast, (2009). Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food Control*, 20: 27-30.
- Haffner, K.; H. J. Rosenfeld, G. Skrede, L. Wang (2002). Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 279-289.



- Huis in't Veld, J. H. J. (1996). Minimal Processing of Foods: Potential, Changes and Problems. A paper presented to the EFFoST Conference on the Minimal Processing of Food. Cologne.
- IFPA (2015). Offering global expertise in fresh-cut produce. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://www.creativew.com/sites/ifpa/about.html>.
- Infoagro (2015). El cultivo de la frambuesa. Consultado en Junio 2015. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/frambueso.htm.
- Infojardin (2015). Frambuesa. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/frambuesa-frambuesas-frambueso.htm>.
- INIFAP; Parra-Quezada, R. A. (2015). Frambuesa roja. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?fuseaction=browse&id=920459&pageid=47>.
- Jafarizadeh-Malmiri, H.; A. Osman, C. P. Tan, R. Abdul-Rahman (2011). Evaluations of effectiveness of three cellulose derivative-based edible coatings on changes of physico-chemical characteristics of “Berangan” banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) during storage at ambient conditions. *International Food Research Journal*, 18(4): 1381-1386.
- Kuskoski, E. M.; A. G. Asuero, A. M. Troncoso, J. Mancini-Filho, R. Fett, (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y tecnología alimentarias*, 25: 726-732.
- Li, D.; Z. Luo, W. Mou, Y. Wang, T. Ying, L. Mao (2014). ABA and UV-C effects on quality, antioxidant capacity and anthocyanin contents of strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 90: 56-62.
- Mazur, S. P.; A. Nes, A. B. Wold, S. Fagertun-Remberg, K. Aaby (2014). Quality and chemical composition of ten red raspberry (*Rubus idaeus* L.) genotypes during three harvest seasons. *Food Chemistry*, 160: 233-240.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *Hort Science*, 27: 1254-1255.
- Melgarejo, M. P. (2010). El granado, su problemática, producción, economía, industrialización, alimentación y salud, y usos. Folleto: I Jornadas nacionales sobre



- el granado. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España.
- Mexican business; Hernández, H. (2013). México es líder exportador de frambuesa. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://www.mexicanbusinessweb.mx/sectores-productivos-de-mexico/agropecuario/mexico-es-lider-exportador-de-frambuesa/>.
 - Monteiro, C.; G. Cannon (2012). El gran tema en nutrición y salud pública es el ultra-procesamiento de alimentos. Lima: Minsa
 - Moor, U.; P. Põldma, T. Tõnutare, A. Moor, M. Starast (2014). The effect of modified atmosphere storage on the postharvest quality of the raspberry 'Polka'. *Agronomy Research*, 12: 745-752.
 - Nielsen, T.; A. Leufvén (2008). The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries. *Food Chemistry*, 107: 1053-1063.
 - NMX-FF-015-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de sólidos solubles totales. Consultado en Septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-015-1982.PDF>
 - NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Consultado en Septiembre 2014. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>
 - NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Consultado en Septiembre 2014. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>
 - NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de coliformes totales en placa. Consultado en Septiembre 2014. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html>
 - ODEPA; González-Zagal, C. (2014). Balance general de la industria de frambuesas congeladas. Consultado en Junio 2015. Disponible en: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1392652805Frambuesascongeladas.pdf.
 - Odriozola-Serrano, I.; R. Soliva-Fortuny, O. Martín-Belloso (2010). Changes in bioactive composition of fresh-cut strawberries stored under superatmospheric oxygen, low-oxygen or passive atmospheres. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 37-43.



- Ölmez, H. (2012). Ozone. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. (pp. 177-196). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Oluwaseun, A. C.; A. Kayode, F. O. Bolajoko, A. J. Bunmi, A. R. Olagbaju (2013). Effect of edible coatings of carboxy methyl cellulose and corn starch on cucumber stored at ambient temperature. *Asian J Agri Biol*, 1(3): 133-140.
- Pala, C. U.; A. K. Toklucu, (2011). Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 790-795.
- Pérez-Loredo, M. G. (2008). *Mantenimiento de la calidad y control de antracnosis de mango "Ataulfo" aplicando irradiación UV-C*. Tesis de licenciatura. Ingeniería en Alimentos. FES Cuautitlán. UNAM. México.
- Rajkowski. K. T.; E. A. Baldwin (2003). Concerns with Minimal Processing in Apple, Citrus, and Vegetable Products. En: Novak. J. J., G. M. Sapers y V. K. Juneja (Ed.), *Microbial safety of minimally processed foods*. (pp. 35-52). Florida: CRC Press.
- Rocha, A. M. C. N.; A. M. M. B. Morais (2003). Shelf life of minimally processed Apple (cv. Jonagored) determined by color changes. *Food Control*, 14: 13-20.
- Rojas-Graü, M. A.; L. Savilla-Trujillo, R. Soliva-Fortuny, y O. Martín-Belloso (2012). Edible Films and Coatings. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. (pp. 247-276). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Saeed, N.; M. R. Khan, M. Shabbir (2012). Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts (*Torilis leptophylla* L). *Complementary and Alternative Medicine*, 12: 1-12.
- SAGARPA (2012). *Fortalece México la producción de berries, generador de empleos y nuevos mercados*. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2012B528.aspx>
- Selcuk, N.; M. Erkan (2014). Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicrannar under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 92: 29-36.
- Sichmann, H. L.; A. J. Saavedra y R. A. Kluge (2006). Caracterização físico-química e sensorial de frutos de kivi mínimamente procesado armazenados sob refrigeração. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 8: 26-32.



- Schlimme, D. V.; M. L. Rooney (1994). Packaging of Minimally Processed Fruits and Vegetables. En: Wiley, C. R. (Ed.), Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. (pp. 135-182). Springer Science and Business Media Dordrecht.
- Sharma M.; G. C. Sharma (2012). Bacteriophages. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 285-296). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Shen, Y.; Y. Sun, L. Qiao, J. Chen, S. Liu, X. Ye (2013). Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsuma mandarin during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 50-57.
- Sinha, N. K. (2006). Strawberries and Raspberries. En: Hui, Y. H. (Ed.), Handbook of fruits and fruit processing. (pp 581-595). Iowa: Blackwell Publishing.
- Stéger-Maté, M. (2006). Speciality fruits unique to Hungary. En: Hui, Y. H. (Ed.), Handbook of fruits and fruit processing. (pp. 665-677). Iowa: Blackwell Publishing.
- The Produce News; DiMartino, C. (2012). In the know: U.S. berry demand and imports. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <http://theproducenews.com/markets-and-trends/8784-in-the-know-u-s-berry-demand-and-imports>.
- Tiwari, B .K.; C. P. O'Donnell, A. Patras, N. Brutton, P. J. Cullen (2009a). Anthocyanins and color degradation in ozonated grape juice. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 2824-2829.
- Tiwari, B. K.; C. P. O'Donnell, A. Patras, N. Bruton, P. J. Cullen (2009b). Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice. *Food Chemistry*, 113: 1119-1126.
- Tiwari, B. K.; C. P. O'Donnell; K. Muthukumarappan, P. J. Cullen (2009c). Anthocyanin and colour degradation in ozone treated blackberry juice. *Postharvest Biology and Technology*, 10: 70-75.
- Ukuku, D. O.; L. Bari, S. Kawamoto (2012). Hydrogen peroxide. En: Gómez-López, V. M. (Ed.), Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce. (pp. 197-213). Oxford: Wiley-Blackwell.
- UNIDO (2012). Modified atmosphere packaging. Consultado en Junio 2015. Disponible en: <



http://www.unido.org/fileadmin/import/32124_23MODIFIEDATMOSPACKAGING.5.pdf>

- Ustun, D.; E. Candir, A.E. Ozdemir, O. Kamiloglu, E.M. Soylu, R. Dilbaz (2012). Effects of modified atmosphere packaging and ethanol vapor treatment on the chemical composition of 'Red Globe' table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 68: 8-15.
- Van der Steen, C.; L. Jacxsens, F. Devlieghere, J. Debevere, (2002). Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 26: 49-58.
- Varastech, F.; A. Kazem, M. Barzegar, Z. Zabihollah (2012). Changes in anthocyanins in arils of chitosan-coated pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold. *Food Chemistry*, 130: 267-272.
- Varoquaux P.; R. C. Wiley (1994). *Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. En: Wiley, C. R. (Ed.), *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. (pp. 226-268). Springer Science and Business Media Dordrecht.
- Victorian Nursery Garden (2015). Raspberry cane gold. Consultado en Junio 2015. Disponible en: https://www.victoriananursery.co.uk/Raspberry_Cane_All_Gold/.
- Wang, H.; H. Feng, Y. Luo (2004). Microbial reduction and storage quality of fresh-cut cilantro washed with acidic electrolyzed water and aqueous ozone. *Food Research International*, 37: 949-956.
- Wang, C.Y.; C. T. Chen, S. Y.Wang (2009). Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. *Food Chemistry*, 117: 426-431.
- Yeoh, W. K.; A. Ali; C. F. Forney (2014). Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 89: 56-58
- Yildiz, F. (1994). *Initial Preparation, Handling, and Distribution of Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. En: Wiley, C. R. (Ed.), *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. (pp. 15-49). Springer Science and Business Media Dordrecht.



- ➔ Yuan, J. T. C. (2003). Modified Atmosphere Packaging for Shelf-Life Extension En: Novak. J. J., G. M. Sapers y V. K. Juneja (Ed.), Microbial safety of minimally processed foods. (pp. 205-220). Florida: CRC Press.
- ➔ Zhang, L.; Z. Lu, Z. Yu, X. Gao (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. Food Control, 16: 279-283.
- ➔ Zhou, R.; Y. Mo, Y. Li, Y. Zhao, G. Zhang, Y. Hu (2008). Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage. Postharvest Biology and Technology, 49: 171-179.