

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE DOS  
VARIETADES DE MANZANA: GRANNY SMITH Y  
OREGON SPUR MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

**por**

**Eva Natalia TORRES DELVALLE**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2020**

Tesis aprobada por:

Directora:

---

Ing. Agr. Dra. Ana Cecilia Silveira

---

Ing. Agr. Dra. Fernanda Zaccari

---

Ing. Agr. Dra. Joanna Lado

Fecha: 31 de julio de 2020

Autora:

---

Eva Natalia Torres Delvalle

## AGRADECIMIENTOS

Ana gracias por confiar en mí para realizar este trabajo, guiarme para poder continuar y terminar esta tesis, por ser mi referente en esta hermosa área y sembrar la semillita de la poscosecha en mi corazón. A través de tú determinación y pasión, te estaré eternamente agradecida. A la cátedra de Poscosecha y al grupo que lo integra, Fernanda, Víctor y Giovanni, fue un gran aprendizaje poder trabajar con cada uno de ustedes. A mis compañeras Vanne y Yanina que en el proceso se convirtieron en amigas.

A la cátedra de Fitopatología por toda la ayuda para la realización de este trabajo, en especial a Julia y Laura. Al de Nutrición de Facultad de Agronomía y al laboratorio de INIA Las Brujas.

A la Universidad de la República - Facultad de Agronomía por abrirme las puertas y darme la oportunidad de forjarme académica y profesionalmente. A todos los docentes que estuvieron en el proceso, pero especialmente a Gabriela Zanotta, Jorge Monza, Natalia Berberían y Germán Pérez por sus aportes académicos, paciencia y sus consejos que me marcaron y estuvieron en el momento justo. A la UMMA y a cada uno de mis compañeros, por su infinita paciencia, por la oportunidad de trabajar y estudiar en paralelo y por la amistad que se forjo en los años. A todos los funcionarios que sin dudas hicieron que cada día fuese único. En especial a Washington, Pilar, Natalia, Fernando, Gilda y Gimeno. A todos los de biblioteca, por su predisposición y preocupación y obviamente a Sully, ¡bendita seas!

No puedo olvidarme de aquellos que estuvieron desde el día que decidí seguir estudiando y me apoyaron sin dudarlo... A mi ángel de la guarda, amiga y hermana Mabel, gracias, infinitas gracias por todo y cada uno de todos los días que estuviste conmigo, por confiar y jamás soltarme, sin vos hoy esto no sería posible. A todos mis hermanos por su apoyo y amor, son todo para mí. Al Goyo que me dijo que lo lograría y desde arriba sé que estará feliz. A Mika por abrirme tu casa, pero más importante tu corazón, por brindarme tu sabiduría y paz. Sos única gracias!!!! A Andrula que sin dudarlo me abrió una puerta llena de oportunidades y confió en mí. A Pablito mi compañero de vida, de estudio, amigo, mi guía, gracias por todo tu apoyo, paciencia, por estar siempre, sin dudarlo y sobre todo gracias por tú amor. A la Quequita, el Isma, Jorge y Lina por cada velita prendida en mi nombre y por estar siempre.

Gracias a mis muchos compañeros de clases y a los amigos que tuve la bendición de conocer en este camino. A Evelin mi gratitud eterna. A Diego, Pablo, Sole, Vero, Horacio, Matías, Fernando y a mis amigos de la distancia. Siempre están conmigo y mi corazón jamás los olvida. Elena, Ricardo, Tania y Aida, ¡los quiero!

Por último y no menos importante, gracias a quienes han estado en este último tramo de la carrera y desde que me conocieron me brindaron su apoyo, sus orejas, sus vivencias, sus consejos, me transmitieron su pasión por la profesión, me impulsaron a ser mejor persona cada día y confiaron en que este día llegaría: Fernando, Eduardo, Gustavo, Gerardo y Gabriel. Y a todos mis compañeros de trabajo que han estado al pendiente y me apoyaron para que pudiera cerrar esta etapa.

A mis padres, por darme lo mejor que podían e inspirarme a no bajar los brazos nunca, ¡mi gratitud siempre!

## TABLA DE CONTENIDO

|  | Página |
|--|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....  | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....   | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....  | VIII   |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....   | 1      |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....                                       | 3      |
| 2.1 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN FRESCO.....                          | 3      |
| 2.2 MERCADO A NIVEL MUNDIAL DE LOS PRODUCTOS MPF.....                        | 4      |
| 2.3 MANZANAS.....  | 4      |
| 2.3.1 <u>Antecedentes de la manzana</u> .....                                | 5      |
| 2.3.2 <u>Importancia económica de la manzana en Uruguay y el mundo</u> ..... | 6      |
| 2.4 ELABORACIÓN DE LOS PRODUCTOS MPF.....                                    | 8      |
| 2.4.1 <u>Cosecha y recepción de la materia prima</u> .....                   | 9      |
| 2.4.2 <u>Pre refrigeración y conservación</u> .....                          | 10     |
| 2.4.3 <u>Lavado de fruta entera</u> .....                                    | 10     |
| 2.4.4 <u>Pelado y cortado manual</u> .....                                   | 11     |
| 2.4.5 <u>Lavado y desinfección del producto cortado</u> .....                | 11     |
| 2.4.6 <u>Enjuague y escurrido</u> .....                                      | 12     |
| 2.4.7 <u>Envasado</u> .....  | 12     |
| 2.4.8 <u>Conservación frigorífica</u> .....                                  | 13     |
| 2.5 ALTERACIONES DE LOS PRODUCTOS MPF.....                                   | 13     |
| 2.5.1 <u>Respiración</u> .....   | 13     |
| 2.5.2 <u>Emisión de etileno</u> .....  | 14     |
| 2.5.3 <u>Deshidratación</u> .....  | 14     |
| 2.5.4 <u>Pardeamiento enzimático</u> .....                                   | 15     |
| 2.5.5 <u>Características sensoriales</u> .....                               | 15     |
| 2.5.6 <u>Características microbiológicas</u> .....                           | 16     |
| 2.5.7 <u>Características nutricionales</u> .....                             | 16     |
| 2.6 POTENCIAL VARIETAL PARA EL PROCESAMIENTO MÍNIMO.....                     | 16     |
| 2.7 TECNOLOGÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD<br>EN PRODUCTOS MPF..... | 17     |
| 2.7.1 <u>Almacenamiento refrigerado</u> .....                                | 17     |
| 2.7.2 <u>Envasado en atmósfera modificada</u> .....                          | 17     |
| 2.7.3 <u>Desinfección</u> .....  | 18     |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....   | 20     |
| 3.1 MATERIAL VEGETAL.....  | 20     |

|  |    |
|--|----|
| 3.2 PROCESADO DE LA MATERIA PRIMA.....   | 20 |
| 3.3 ENVASADO.....  | 22 |
| 3.4 DETERMINACIONES.....   | 22 |
| 3.4.1 <u>Composición gaseosa de la atmósfera en el envase, concentración</u><br><u>de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub></u> ..... | 22 |
| 3.4.2 <u>Tasa de respiración</u> .....   | 23 |
| 3.4.3 <u>Color</u> .....   | 24 |
| 3.4.4 <u>Firmeza</u> .....   | 25 |
| 3.4.5 <u>Porcentaje de pérdida de peso</u> .....   | 26 |
| 3.4.6 <u>Crecimiento microbiano</u> .....  | 26 |
| 3.4.7 <u>Contenido de sólidos solubles totales</u> .....   | 27 |
| 3.4.8 <u>Polifenoles totales</u> .....   | 28 |
| 3.4.9 <u>Capacidad antioxidante total</u> .....  | 28 |
| 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....   | 29 |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....   | 31 |
| 4.1 COMPOSICIÓN GASEOSA DE LA ATMÓSFERA EN EL ENVASE.....  | 31 |
| 4.1.1 <u>Concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>)</u> .....  | 31 |
| 4.1.2 <u>Concentración de CO<sub>2</sub></u> .....   | 34 |
| 4.2 TASA DE RESPIRACIÓN.....   | 38 |
| 4.3 COLOR DE LA PULPA DE LOS CASCOS.....   | 42 |
| 4.3.1 <u>Luminosidad</u> .....   | 42 |
| 4.3.2 <u>Tono (ángulo Hue)</u> .....   | 45 |
| 4.3.3 <u>Saturación (Chroma)</u> .....   | 47 |
| 4.4 FIRMEZA DE LA PULPA.....   | 48 |
| 4.5 PÉRDIDA DE PESO.....   | 51 |
| 4.6 CRECIMIENTO MICROBIANO.....  | 52 |
| 4.6.1 <u>Hongos</u> .....  | 52 |
| 4.6.2 <u>Mesófilos</u> .....   | 52 |
| 4.6.3 <u>Psicrófilos</u> .....   | 54 |
| 4.6.4 <u>Enterobactericeae</u> .....   | 57 |
| 4.6.5 <u>Levaduras</u> .....   | 57 |
| 4.7 CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST).....   | 59 |
| 4.8 POLIFENOLES TOTALES (PT).....  | 60 |
| 4.9 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL (CAT).....  | 63 |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> .....   | 68 |
| 6. <u>RESUMEN</u> .....  | 70 |
| 7. <u>SUMMARY</u> .....  | 72 |

8. BIBLIOGRAFÍA..... 74

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.  | Página |
|---|--------|
| 1. Condiciones de conservación recomendadas para Granny Smith y Red Delicious.....  | 6      |
| 2. Volumen (t/año) de producción de manzanas por país y año.....  | 6      |
| 3. Principales países exportadores de manzana en (t/año).....   | 7      |
| 4. Principales países importadores de manzana en (t/año).....   | 7      |
| 5. Superficie implantada, número de plantas en producción y producción en (t) de manzana según variedades en Uruguay, zafra 2014 - 2015.....                | 8      |
| 6. Cantidad de mesófilos (log UFC g <sup>-1</sup> ) en MP conservada por 2 y 5 meses en diferentes momentos de evaluación en los cascos de Oregon Spur..... | 53     |
| <br>  |        |
| Figura No.  |        |
| 1. Principales etapas del flujo en la cadena de elaboración de productos MPF.....   | 9      |
| 2. Corte de los cascos de Granny Smith.....   | 21     |
| 3. Analizador de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> (medición en Oregon Spur).....  | 23     |
| 4. Extracción de gas del espacio de cabeza de frascos herméticos con cascos de Granny Smith.....  | 24     |
| 5. Medición del color en cascos de Oregon Spur con colorímetro digital.....   | 25     |
| 6. Medición de la firmeza en cascos de Granny Smith utilizando texturómetro.....  | 26     |
| 7. Oxígeno (%) en envases con cascos de Granny Smith, MP conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación.....                                     | 32     |
| 8. Oxígeno (%) en envases con cascos de Granny Smith, según momento de evaluación, sin diferenciar por origen de MP.....                                    | 33     |
| 9. CO <sub>2</sub> (%) en envases con cascos de Granny Smith según momento de evaluación.....   | 34     |
| 10. CO <sub>2</sub> (%) dentro de los envases de PP y PEBD con cascos de Granny Smith según momento de evaluación.....                                      | 36     |
| 11. Concentración de CO <sub>2</sub> (%) en envases con cascos de Oregon Spur en MP de 2 y 5 meses para cada momento de evaluación (0 y 15 días).....       | 37     |
| 12. Tasa respiratoria de cascos de Granny Smith a partir de MP conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación.....                               | 39     |
| 13. Tasa respiratoria de cascos de Oregon Spur a partir de MP conservada por 2 y 5 meses según momento de evaluación.....                                   | 41     |
| 14. Parámetro L* en los cascos de Granny Smith conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación.....   | 43     |
| 15. Parámetro Hue en cascos de Granny Smith MP de 3, 5 y 6 meses  |        |



|   |    |
|---|----|
| según momento de evaluación.....  | 46 |
| 16. Parámetro Hue en cascos de Oregon Spur MP de 2 y 5 meses<br>según momentos de evaluación.....   | 47 |
| 17. Firmeza de los cascos de la variedad Oregon Spur, procedentes<br>de MP conservada por 2 y 5 meses según momento de evaluación.....  | 50 |
| 18. Psicrofilos (log UFC g <sup>-1</sup> ) en cascos de Granny Smith para MP<br>conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación.....                                  | 55 |
| 19. Psicrofilos (log UFC g <sup>-1</sup> ) en cascos de Oregon Spur para MP<br>conservada por 2, y 5 meses según momento de evaluación.....                                     | 56 |
| 20. Levaduras (log UFC g <sup>-1</sup> ) en cascos de Oregon Spur, MP<br>conservada por 2 y 5 meses según momento de evaluación.....  | 58 |
| 21. Polifenoles totales (mg EAG.100 g <sup>-1</sup> PF) en cascos de Granny Smith<br>conservados 3, 5 y 6 meses.....  | 61 |
| 22. Polifenoles totales (mg EAG.100 g <sup>-1</sup> PF) en cascos de Oregon Spur<br>en envases de PP y PEBD según momento de evaluación.....                                    | 62 |
| 23. Capacidad antioxidante total por método DPPH (mg EAA 100 g <sup>-1</sup> PF),<br>en cascos de Granny Smith conservados por 3, 5 y 6 meses.....                              | 63 |
| 24. Capacidad antioxidante total por método DPPH (mg de AA 100 g <sup>-1</sup> PF),<br>en cascos de Oregon Spur dentro de envases PP y PEBD según momento de<br>evaluación..... | 64 |
| 25. Capacidad antioxidante total por método FRAP (mg EAA 100 g <sup>-1</sup> PF),<br>en cascos de Granny Smith conservados por 3, 5 y 6 meses.....                              | 65 |
| 26. Capacidad antioxidante total por método FRAP (mg EAA 100 g <sup>-1</sup> PF),<br>en cascos de Oregon Spur dentro de envases PP y PEBD según momento de<br>evaluación.....   | 66 |

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, cambios en los factores sociales y económicos, han tenido un efecto en los hábitos de consumo de la población, determinando que exista una mayor demanda por productos nutritivos y fáciles de preparar. Existe además una preocupación creciente en cuanto a la influencia de la alimentación en la salud, ya que se ha comprobado que las frutas, hortalizas y sus derivados, pueden reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles tales como cardiopatías y determinados tipos de cáncer (OMS, 2019). Esto ha llevado a que se implementen campañas que promueven el consumo de frutas y hortalizas. Sin embargo, muchas veces, el ritmo de vida de las sociedades modernas hace que el consumo de frutas y hortalizas frescas no siempre resulte práctico ni fácil, dificultando entonces el mantener una dieta equilibrada.

En este contexto los productos mínimamente procesados en fresco (MPF), reúnen características muy similares a los productos frescos, lo que, sumado a su practicidad, ha favorecido que actualmente exista un crecimiento de la demanda y consumo en todo el mundo (Aguayo et al., 2017).

Los productos MPF, surgen en EE.UU, para abastecer a los restaurantes de comida rápida o “fast-food”, extendiéndose rápidamente a Europa. En Uruguay se encuentran disponibles en el mercado, aproximadamente desde el año 2000 y en la actualidad se estima que existen más de 15 plantas de elaboración de estos productos.

Esta expansión ha generado inquietud a nivel de las empresas e instituciones de investigación por conocer y cuantificar los cambios que se producen como consecuencia del procesamiento, ya que el lavado, cortado y envasado, pueden ocasionar alteraciones de la calidad organoléptica, funcional y nutricional de la fruta, debido a problemas tales como el ablandamiento y/o el pardeamiento enzimático.

Las frutas destinadas a la elaboración de productos MPF, necesitan ser estudiadas en las condiciones de conservación utilizadas en Uruguay, para poder obtener información de su comportamiento y evolución respecto a la aplicación de las tecnologías disponibles.

El trabajo que se presenta tiene como objetivo general contribuir al conocimiento del comportamiento de los productos MPF elaborados con dos variedades de manzanas, Granny Smith y Oregon Spur conservadas por diferentes tiempos, considerando dos tipos de envases y distintos momentos de conservación refrigerada del producto MPF resultante.

Los objetivos específicos fueron:

a) Evaluar el efecto del tiempo de conservación de las variedades de manzanas Granny Smith y Oregon Spur utilizadas como materia prima (MP); el tipo de envase y el tiempo de conservación del producto MPF elaborado a partir de éstas, sobre la actividad respiratoria, composición de la atmósfera, firmeza de los cascos, pérdida de peso y color.

b) Evaluar el efecto del tiempo de conservación de la MP; tipo de envase, considerando polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (PEBD); y tiempo de conservación del producto MPF, sobre la actividad antioxidante total, polifenoles totales, sólidos solubles totales del producto MPF.

c) Evaluar el efecto del tiempo de conservación de la MP; tipo de envase y tiempo de conservación del producto MPF sobre los parámetros microbiológicos: psicrófilos, aerobios mesófilos totales, *Enterobacteriaceae*, hongos y levaduras.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN FRESCO

Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) han recibido varias denominaciones, tales como levemente procesados, pre-preparados, pre-cortados, parcialmente procesados, productos frescos cortados, de cuarta gama o listos para consumir (Montero et al. 2009, Agostinho 2011). Dentro de los más utilizados, aparecen “recién cortados” el más utilizado en EE.UU; “mínimamente o ligeramente procesados” y “listos para comer” más comunes en Europa; “pre-preparados”, “listos para usar” y también de “cuarto rango” o “IV gamma” más comunes en Francia e Italia (Artés et al., 2007). La denominación MPF viene ganando el consenso, ya que puede definir de mejor manera las características de estos productos, donde se realizan operaciones que básicamente modifican su apariencia, pero mantienen a los tejidos vivos, es decir, metabólicamente activos (Agostinho, 2011). La Organización Panamericana de la Salud reconoce a los alimentos MPF como alimentos naturales que han sido alterados sin que se les agregue o introduzca ninguna sustancia externa. A los que se le sustraen partes mínimas, pero sin cambiar significativamente su naturaleza o su uso (OPS, 2019).

Los hábitos de alimentación humana han cambiado en las dos últimas décadas. El actual ritmo de vida, que hace que cada vez se tenga menos tiempo para preparar comidas equilibradas, aumentando la demanda de productos vegetales, naturales, frescos, saludables y prontos para consumir. En busca de satisfacer estas demandas, los agentes del rubro frutas y hortalizas desarrollan los productos MPF, es decir hortalizas peladas, cortadas, presentadas en porciones individuales y en envases especiales (Alonso y Chiesa 2009, Artés Hernández et al. 2009). Los productos MPF surgen en EE.UU para abastecer a los restaurantes de comida rápida o “fast-food” en 1975, mientras que en Europa surgen en la década del 80 (Hormazabal, 1999). En Uruguay estos productos surgen en el año 2000 (Silveira, 2016).

Las hortalizas dominan el mercado internacional de los productos MPF, implicando un 80-90 % de la oferta total. Destacándose las lechugas cortadas y las mezclas de ensaladas, seguidos por las espinacas y las acelgas. En el caso de las frutas, su inclusión ha sido más lenta, constituyendo un 8 a 10 % de la oferta total y con una clara tendencia al aumento tanto de la producción como del consumo. En la comercialización de frutas MPF se pueden ver por ejemplo productos que incluyen trozos de pera, manzana, durazno, mango, kiwi, mandarina, uva, ananá, sandía, melón y mezclas de frutas (Montero et al., 2009).

## 2.2 MERCADO A NIVEL MUNDIAL DE LOS PRODUCTOS MPF

El mercado mundial de los productos MPF, ha mantenido un crecimiento sostenido desde sus orígenes, donde el principal destino sigue siendo las cadenas de comida rápida, hoteles y restaurantes, pero aparece un fuerte crecimiento de las ventas en supermercados, que en el caso de Uruguay se evidencia en el aumento año a año tanto en la variedad como en las marcas presentes en las principales cadenas del país. En este último caso, los principales productos son hortalizas para cocinar, seguida por ensaladas (Alonso y Chiesa 2009, Montero et al. 2009, Silveira 2016).

Diversos autores estiman que las tendencias de crecimiento a nivel mundial se mantendrán en los próximos años. Dentro de los países con mayor desarrollo en la producción de alimentos MPF se encuentran EE.UU, España, Italia, Francia y el continente Asiático. Por el contrario, Latinoamérica presenta un menor desarrollo de estos productos, por razones económicas, ya que estos productos suelen ser más caros que los productos frescos y/o por falta de conocimiento ya que el consumidor está menos habituado a ellos (Alonso y Chiesa 2009, Carreres 2010). Sin embargo, actualmente se está observado cambio de hábitos en los consumidores latinoamericanos ya que, en países como Chile, Argentina, Colombia y Panamá, el consumo de productos MPF, está empezando a ser de importancia. Por otro lado, en Perú, Bolivia, Paraguay, Ecuador y la mayoría de los países de Centroamérica, los volúmenes de frutos y vegetales frescos destinados al procesamiento en fresco es mínimo, por los mismos motivos mencionados anteriormente (González et al., citados por Escobar, 2013).

En Uruguay las empresas que elaboran productos MPF se caracterizan por ser de pequeña escala, muy diversificadas en su producción, de poca mecanización y por lo tanto muy dependientes de la mano de obra, con destino comercial diverso y con carencia o escasez de controles a nivel del proceso, en especial en la etapa de lavado y desinfección y manejo de la temperatura (Silveira, 2016).

## 2.3 MANZANAS

A continuación, se exponen algunos aspectos de las manzanas, como sus antecedentes y su importancia económica en el Uruguay y en el mundo.

### 2.3.1 Antecedentes de la manzana

Esta especie frutal *Malus x domestica* Borkh pertenece a la familia de las Rosáceas, siendo su subfamilia la de las *Pomoideae* y su género *Malus*. Dicho género comprende de 25 a 30 especies procedentes de Europa, América del Norte y Asia (Sánchez, 2007).

Con el nombre de manzana se denomina al fruto carnoso, comestible, clasificado botánicamente como un pomo y que presenta forma más o menos redondeada. En la zona central, se encuentran las semillas, casi siempre de color marrón oscuro, protegidas por paredes de consistencia coriácea. El color de la epidermis del fruto es variable, pudiendo ser verde, amarillo o rojo, por lo general de brillante (Sánchez, 2007).

Las variedades de manzanas son diversas y entre ellas se encuentran: Red Delicious, Granny Smith, Golden Delicious, Gala, Golden, Fuji y Pink Lady, entre otras. La variedad Granny Smith es originaria de Nueva Gales en Australia y proviene de una plantación de Thomas y Mary Ann Smith. Se trata de una variedad productiva; con cierto grado de autoincompatibilidad, que puede ser polinizada, entre otras por, Red Delicious, Fuji y Gala. El fruto de esta variedad es de tipo troncocónico, regular y homogéneo y su peso oscila entre 190 a 210 g y su calibre entre 75 a 80 mm. Como característica sobresaliente se destaca el hecho de presentar una epidermis untuosa al tacto, de color verde intenso y con lenticelas blancas bien visibles (Benítez, 2001). Dentro de la variedad Red Delicious, fueron apareciendo diferentes clones que han sido seleccionados básicamente por su precocidad y desarrollo de color de cobertura, como son, entre otros, Red Chief, Top Red, Early Red One y Oregon Spur. El fruto de esta variedad también es de tipo troncocónico, con cinco lóbulos o protuberancias bien marcadas. Su peso oscila entre 160 a 240 g y su calibre entre 70 a 85 mm. La epidermis es de color verde con estrías rojo brillante en gran parte de la superficie. Caracterizándose por presentar un color de cobertura bastante variable, siendo más intenso en los frutos más expuestos al sol (Benítez, 2001).

Las condiciones de conservación recomendadas para el óptimo almacenamiento de las variedades Granny Smith y Red Delicious según Mitcham et al. (1999), se presentan en el cuadro 1. Bajo estas condiciones de almacenamiento, las manzanas Granny Smith tienen un potencial de conservación en atmósfera regular de 7 a 9 meses y en condiciones de conservación de atmósfera controlada de 10 a 12 meses. En el caso de Red Delicious, el potencial de conservación en atmósfera regular es de 5 a 7 meses y en condiciones de atmósfera controlada aumenta entre 7 a 8 meses (Kupferman, citado por Mitcham y Gordon, 2007).

Cuadro 1. Condiciones de conservación recomendadas para Granny Smith y Red Delicious

|               | Temperatura (°C) | HR (%)  | Atmósfera controlada                                   |
|---------------|------------------|---------|--|
| Granny Smith  | 0,5 ± 0,5        | 90 - 95 | 1 a 2% de O <sub>2</sub> + 1,0% de CO <sub>2</sub>     |
| Red Delicious | 0 ± 1            | 90 - 95 | 1 a 2 % de O <sub>2</sub> + 2 a 4 % de CO <sub>2</sub> |

Fuente: adaptado de Mitcham et al. (1999).

Según su respuesta respiratoria los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos. En el caso de los frutos climatéricos, la respiración aumenta rápidamente al inicio de la maduración, coincidiendo con un aumento en la producción de etileno, quien, a su vez, estimula la maduración. Es durante este período que se desarrollan las características organolépticas. En el caso de los frutos no climatéricos, no se observa un aumento respiratorio durante la maduración, la cual es menos sensible a los niveles de etileno. Las manzanas, muestran durante la maduración una respuesta respiratoria climatérica. La tasa respiratoria de Granny Smith a 0,5 °C es de 2 a 4 mL de CO<sub>2</sub> / (kg h). En cambio, la de Red Delicious, almacenada a 0 °C, va desde 2 a 5 mL de CO<sub>2</sub> / (kg h). Estas diferencias en tasas de respiración pueden tener implicancias para la vida mostrador de los productos MPF (Cantwell y Suslow 2007, Rivas et al. 2008).

### 2.3.2 Importancia económica de la manzana en Uruguay y el mundo

Para entender la importancia económica de la manzana a nivel mundial y nacional, se necesitan datos de volúmenes de producción, exportación e importación. En el siguiente cuadro se presentan los principales países productores de manzana, donde China ocupa el primer lugar con una producción promedio de 39.233.400 t en el año 2018, seguido por EE.UU, Polonia y Turquía con producciones que representan aproximadamente la décima parte de la producción de China (cuadro 2).

Cuadro 2. Volumen (t/año) de producción de manzanas por país y año

| Año     | 2016       | 2017       | 2018       |
|---------|------------|------------|------------|
| China   | 40.393.000 | 41.390.000 | 39.233.400 |
| EE.UU   | 5.214.040  | 5.240.670  | 4.652.500  |
| Polonia | 3.604.271  | 2.441.393  | 3.999.523  |
| Turquía | 2.925.828  | 3.032.164  | 3.625.960  |

Fuente: adaptado de FAO (2020).

En relación con las exportaciones, también China es el principal país exportador, alcanzando un volumen de 1.328.373 t en 2017. Los siguientes lugares los

ocuparon Polonia, Italia y EE.UU respectivamente. En este caso las diferencias con el volumen exportado por China no son notorias, indicando que China destina la mayor parte de la producción al mercado interno (cuadro 3).

Cuadro 3. Principales países exportadores de manzana en (t/año)

| Año     | 2015      | 2016      | 2017      |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| China   | 833.021   | 1.322.042 | 1.328.373 |
| Polonia | 888.801   | 1.093.132 | 1.037.455 |
| Italia  | 1.143.883 | 1.049.438 | 1.033.666 |
| EE.UU   | 989.083   | 776.652   | 910.292   |

Fuente: adaptado de FAO (2020).

Con relación a las importaciones, los principales países y volúmenes se presentan en el cuadro 4, donde se muestra que, entre los años 2015 y 2017, los tres primeros lugares fueron ocupados por Rusia, Alemania y Bielorrusia, aunque en 2017 el Reino Unido ascendió al tercer lugar.

Cuadro 4. Principales países importadores de manzana en (t/año)

| Año         | 2015    | 2016    | 2017    |
|-------------|---------|---------|---------|
| Rusia       | 880.311 | 676.837 | 705.553 |
| Alemania    | 648.104 | 610.955 | 790.276 |
| Bielorrusia | 731.082 | 599.014 | 483.467 |
| China       | 416.199 | 417.797 | 418.165 |
| Reino Unido | 413.639 | 381.591 | 527.210 |

Fuente: adaptado de FAO (2020).

En Uruguay la superficie de frutales de hoja caduca es de 5,4 millones de ha, siendo el manzano el que ocupa el primer lugar con 2.703 ha, que representan el 50 % de la superficie total destinada a estos frutales. La producción se ubica principalmente en el Sur del país, en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y Colonia (MGAP, 2016).

En los últimos 10 años la producción de manzanas se ha mantenido estable, con un marcado descenso de la superficie plantada, pasando de 7.849 ha en el 2006 - 2007, a 5.480 ha en el 2016 (MGAP, 2016). Este mantenimiento de la producción, indica una disminución en el marco de plantación, lo que conlleva a un aumento de número de plantas por hectárea.



Del total de productores de frutales de hoja caduca, 786 en el año 2015, unos 473 incluyen al manzano dentro de sus rubros de producción. Las variedades más plantadas pertenecen al grupo de las manzanas rojas, siendo la Red Chief, Early Red One, Red Delicious, Top Red las principales, con un 61 % de la superficie, seguidas por el grupo de las manzanas bicolores, que ocupan un 23 % de la superficie y que incluye Pink Lady, Royal Gala, Mondial Gala, Fuji, y el grupo de las manzanas verdes comprendida por Granny Smith, que representan un 10 % de la superficie (MGAP. DIEA, 2016). En el cuadro 5 se detalla la producción según variedad, superficie, número de plantas y producción.

Cuadro 5. Superficie implantada, número de plantas en producción y producción en (t) de manzana según variedades en Uruguay, zafra 2014 - 2015

| Variedades   | Superficie(ha) | (%) | Plantas en producción (miles) | Producción (t) |
|--------------|----------------|-----|-------------------------------|----------------|
| Rojas        | 1651           | 61  | 1221                          | 31064          |
| Bicolores    | 610            | 23  | 1047                          | 15143          |
| Granny Smith | 280            | 10  | 215                           | 7129           |
| Otras        | 160            | 6   | 169                           | 2120           |
| Total        | 2703           | 100 | 2652                          | 55456          |

Fuente: tomado de MGAP. DIEA (2016).

En la temporada 2014-2015 la producción de manzana en Uruguay fue de 54.454 t/año, siendo su principal destino el consumo en fresco, que representó un 77 %. La manzana destinada a la industria representó un 16 % y las exportaciones, el restante 7 % (MGAP. DIEA, 2016). Teniendo en cuenta que la producción de manzanas de Uruguay y sobre todo la exportación, no representan grandes volúmenes, la elaboración de manzanas MPF generaría una mayor diferenciación del producto y sería una forma de agregar valor en la cadena de producción de las manzanas del Uruguay.

## 2.4 ELABORACIÓN DE LOS PRODUCTOS MPF

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta durante la elaboración de productos MPF, es el hecho de que se deben utilizar futas de buena calidad, evitando aquellas que presenten defectos, sobre-maduración y algún otro tipo de alteración. Además de esto, la fruta debe ser uniforme en cuanto a madurez, tamaño, forma, entre otros, ya que, de esta manera, se facilitan las etapas del procesamiento, aumentando la productividad y permitiendo alcanzar la máxima vida útil y se garantiza la calidad del producto final (Agostinho, 2011).

La producción de frutas y hortalizas MPF implica una serie de operaciones unitarias, entre las que se incluyen el pelado, cortado, entre otros. Además, los productos son sometidos a una combinación de tratamientos parciales de conservación, que incluyen necesariamente a la desinfección con métodos químicos o físicos, el envasado en atmósferas modificadas y el uso de bajas temperaturas para su conservación (Wiley, 1997).

En la figura 1 se presenta un esquema general de las diferentes etapas del proceso de elaboración de un producto MPF. Dependiendo del producto, el diagrama de flujo y las etapas del procesamiento pueden presentar variaciones.



Figura 1. Principales etapas del flujo en la cadena de elaboración de productos MPF

Fuente: adaptado de Artés (2007).

#### 2.4.1 Cosecha y recepción de la materia prima (MP)

La cosecha debe realizarse en los períodos más frescos del día, evitando la exposición de las frutas a altas temperaturas. Se debería cosechar en función de los

índices de cosecha recomendados para cada variedad. Con una cosecha en estado muy temprano del desarrollo del fruto, se corre riesgo de procesarlo inmaduro y, debido a las bajas temperaturas de almacenamiento, tendrá poca oportunidad de evolucionar hasta alcanzar la madurez de consumo, durante su conservación. Por el contrario, si se cosecha fruta sobre-madura, la calidad organoléptica estará en gran medida garantizada, pero el avanzado estado de madurez dificultará el procesamiento, pudiéndose generar pérdidas excesivas de materia prima (Defilippi y Campos, 2006).

Cuando la materia prima llega a la planta de procesamiento, debe pasar por una selección, en general manual, con el objetivo de eliminar toda aquella fruta con alteraciones (daño mecánico, podredumbres), con una madurez inadecuada (inmadura y/o sobremadura) o con un tamaño inadecuado (Moretti, 2007).

#### 2.4.2 Pre-refrigeración y conservación

El pre-enfriado, consiste en bajar la temperatura de los productos vegetales rápidamente luego de la cosecha y antes de realizar la conservación refrigerada. Tiene como objetivo disminuir la actividad respiratoria y enlentecer el desarrollo de los microorganismos responsables del deterioro del producto (Fernández y Admilson 1990, Namesny 1991). Se debe implementar lo antes posible, debido a que, cuanto menor sea el tiempo entre la cosecha y el pre-enfriado, mejor será la calidad del producto MPF (Agostinho, 2011).

La conservación óptima para la mayoría de las variedades de manzana se da a una temperatura de 0 °C y una humedad relativa (HR) de 90 - 95 %. En estas condiciones de conservación, se logra alcanzar una vida poscosecha más extensa, asociado con una disminución de pérdida de agua de la fruta y enlentecimiento del desarrollo de diferentes desórdenes fisiológicos (Agostinho, 2011).

#### 2.4.3 Lavado de fruta entera

Esta etapa tiene como objetivo reducir la cantidad de materia orgánica que viene del campo para no afectar la eficiencia del proceso de lavado y desinfección, en especial si ésta se realiza utilizando derivados del cloro. Se debe realizar con agua potable, incluso se pueden emplear detergentes autorizados para productos vegetales y es aconsejable utilizar agua fría para disminuir la temperatura del producto (Agostinho, 2011).

#### 2.4.4 Pelado y cortado manual

En las operaciones de pelado y cortado, se elimina la protección natural dada por la epidermis y se afecta la compartimentalización celular, generando que enzimas y sustratos entren en contacto. De esta forma, se favorece la ocurrencia de diversas reacciones químicas. Los daños resultantes de estas y otras operaciones características del procesamiento, hacen que aumente la actividad metabólica y, por consiguiente, hace que los productos sean más perecederos que el producto original intacto del que derivan (Artés et al., 2007). Es una de las etapas consideradas crítica dentro del proceso, por el hecho de que, al romper estructuras, hay mayor exposición de los tejidos y liberación de exudados celulares. Es por eso que debe tenerse especial cuidado con la higiene, tanto de las estructuras como de los operarios, y debe ser realizada en condiciones de refrigeración, 5 - 10 °C, debido a que el tejido vegetal está vivo y el estrés que se genera, aceleran su metabolismo. Con el manejo de la temperatura, se busca enlentecer la maduración, la senescencia, y reducir el crecimiento de los microorganismos causantes de deterioro y enfermedades (Escalona, 2017).

Debe tenerse presente que, cuanto mayor sea el nivel de procesamiento, mayor será el impacto en la vida útil del producto MPF. En este sentido, deben tomarse algunas precauciones con relación a los utensilios utilizados. Los cuchillos deben estar afilados para que el daño ocasionado por el corte sea el menor posible (Del Águila et al., 2008). Según Tapia et al. (2015) el tipo de corte manual o mecánico influye en la pérdida de agua. Si el corte se realiza manualmente con cuchillos afilados, el producto pierde menos agua que cuando se corta con cortadoras mecánicas (Tapia et al., 2015).

#### 2.4.5 Lavado y desinfección del producto cortado

Los productos MPF deben ser seguros para el consumidor. Esto hace necesario utilizar algún método de desinfección, ya sea químico y/o físico, durante la etapa de lavado. El lavado y desinfección tienen como objetivos principales reducir la contaminación cruzada, eliminar la carga microbiana y los fluidos celulares que se liberan durante el pelado y cortado, los cuales favorecen el crecimiento de los microorganismos. Los productos más utilizados son los derivados del cloro fundamentalmente los hipocloritos de sodio (NaClO) y de calcio, que tienen como ventajas su alta eficiencia y bajo costo (Aguayo et al., 2017).

La etapa de lavado y desinfección es otro de los puntos críticos dentro del proceso de elaboración y resulta decisivo para la calidad, seguridad y vida útil del producto MPF (Ahvenainen 1996, Artés et al. 2000).

#### 2.4.6 Enjuague y escurrido

En algunos casos es necesario realizar un enjuague, posterior al lavado y desinfección, para eliminar el exceso de desinfectantes sobre la superficie del producto. En el caso que se utilicen hipocloritos es necesario enjuagar para reducir la concentración de cloro y generar menor impacto en la calidad sensorial (Cano, 2001).

Luego de las operaciones antes mencionadas, se debe eliminar el excedente de agua sobre la superficie de los productos vegetales. En general, esto se consigue a través del centrifugado, siempre y cuando el producto no se vea afectado por el proceso. En caso de que no sea posible utilizar el centrifugado, se puede aplicar aire caliente o frío. En este caso, se debe ajustar tanto la velocidad del aire como el tiempo de exposición para no dañar los tejidos ni provocar deshidratación y/o afectar las propiedades organolépticas en general (Agostinho, 2011).

#### 2.4.7 Envasado

En la etapa de envasado, lo principal es elegir la película plástica adecuada en cuanto a la permeabilidad al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno y vapor de agua deseados. La permeabilidad a elegir debe estar directamente relacionada con la tasa respiratoria y peso del producto cortado, la superficie de intercambio del envase y la temperatura de almacenamiento (Artés, 2006).

Es importante considerar la temperatura del producto al momento del envasado, ya que, si es alta (18 – 20°C), cuando se lo lleve a conservación, habrá condensación en parte interna del envase, generándose problemas visuales y presencia de agua libre, condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos causantes de deterioro (Agostinho, 2011).

En el mercado hay diferentes materiales, donde la mayoría están elaborados a partir de cuatro polímeros básicos: cloruro de polivinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), polietileno (PEBD) y polipropileno (PP, Gómez y Vázquez, 2007).

#### 2.4.8 Conservación frigorífica

El manejo de la temperatura es de suma importancia tanto en la elaboración como en la conservación de los productos MPF. La temperatura debería ser lo más próxima a 0 °C, pero muchas veces, por motivos prácticos y/o económicos, es bastante difícil llegar a esta situación. Por lo tanto, a nivel industrial se trabaja en el rango de temperaturas de entre 4 y 7 °C. Una vez envasado el producto, debe permanecer durante toda la cadena de distribución hasta su consumo en condiciones refrigeradas. Es importante no romper la cadena de frío, para evitar condensación y pérdida de calidad en general (Sierra 2004, Silveira 2009).

En el caso específico de las manzanas MPF, Moretti (2007), recomienda su almacenamiento a una temperatura lo más próxima a cero posible, ya que su vida de mostrador decrece exponencialmente con el aumento de la temperatura de almacenamiento.

### 2.5 ALTERACIONES DE LOS PRODUCTOS MPF

Los productos MPF ofrecen al consumidor conveniencia en cuanto al tiempo de preparación, manteniendo atributos similares al producto fresco del que derivan (Montero et al., 2009). Una desventaja que poseen es la de tener una vida útil corta, siendo para frutas de entre 4 y 7 días. Esta corta vida útil puede asociarse con los importantes cambios fisiológicos que se dan, como el aumento en la velocidad de respiración y producción de etileno, pérdida de color, sabor y vitaminas, acelerándose también los procesos de oscurecimiento y ablandamiento del tejido, que influyen directamente en la calidad final (Escobar, 2013). Las alteraciones mencionadas, se relacionan a los diferentes procesos a los cuales son sometidos, pero fundamentalmente al corte y la subsiguiente exposición del tejido vegetal al aire.

#### 2.5.1 Respiración

Mediante la respiración las reservas orgánicas de los productos (carbohidratos, proteínas, y grasas), almacenadas durante el periodo de crecimiento (previo a la cosecha), son degradadas a compuestos más simples con la liberación de energía (Kader, 2007). La tasa de respiración es por lo general mayor en los productos MPF que en los productos enteros, lo cual se debe a un metabolismo más activo. Esto determina que la

tasa de deterioro sea también más acelerada, asociada a una pérdida más rápida de ácidos, azúcares, características organolépticas y valor nutritivo (Cantwell y Suslow, 2007). Las operaciones propias del procesamiento ocasionan un aumento inicial de la tasa respiratoria, para luego disminuir (Silveira, 2009); la intensidad y duración de este aumento depende de factores como el estado de madurez, las condiciones previas al proceso, así como la intensidad del corte y la temperatura de almacenamiento (O'Beirne, citado por Mery, 2011).

El factor más importante para controlar los procesos metabólicos es la temperatura. Según la regla de Van't Hoff hay un aumento de 2 a 3 veces en la tasa de la mayoría de las reacciones químicas y bioquímicas por cada aumento de 10 °C de temperatura (O'Beirne, citado por Mery, 2011).

### 2.5.2 Emisión de etileno

El etileno es una fitohormona presente en forma endógena en algunas frutas y hortalizas como la manzana, melón, pera, entre otros (Kader, 2007). En frutos climatéricos es capaz de inducir la madurez organoléptica. En los productos MPF, el estrés generado tras el corte promueve la síntesis del etileno (Watada y Qi, 1999).

El etileno puede provocar alteraciones que inducen la maduración, senescencia y se puede relacionar con alteraciones indeseables como la pérdida de clorofila en algunos vegetales (Saltveit, 1999).

### 2.5.3 Deshidratación

La pérdida de agua en un vegetal se debe al cambio físico que ocurre en la presión de vapor de agua entre la superficie interna de la fruta y la atmósfera externa (Fernandes y Admilson, 1990). Los vegetales requieren una elevada humedad relativa 90 - 95 % y a medida que es más seco el ambiente mayor será la pérdida de agua, pero esto también está relacionado con la temperatura, la cual influye directamente sobre el déficit de presión de vapor.

En la operación de cortado los productos MPF, aumentan su superficie de contacto con el aire, forman de vapor de agua y se genera una mayor deshidratación (Diezma, 2016). Esta se manifiesta mediante marchitamiento, disminución de peso, cambios de textura y apariencia. Además, actúan distintas enzimas que inducen cambios

en los componentes de la pared celular, provocan una menor turgencia y firmeza del tejido vegetal (Varoquaux y Wiley 1994, Mercado y Aquino 2005, Artés et al. 2007).

#### 2.5.4 Pardeamiento enzimático

Una de las principales alteraciones que limitan la vida útil de los productos MPF es el pardeamiento enzimático, reacción catalizada principalmente por la enzima polifenol oxidasa (PPO). El pardeamiento enzimático se genera cuando el tejido celular es dañado por el corte, la célula pierde su compartimentación original y al liberar contenido celular se pone en contacto la enzima PPO con los compuestos fenólicos de la manzana, siendo necesario el sustrato O<sub>2</sub> para que ocurra dicha reacción (Toivonen y Brummell 2008, Denoya et al. 2012).

Para inhibir el pardeamiento enzimático los métodos se basan en eliminar o reducir uno o más de los componentes de la reacción, como el O<sub>2</sub>, la PPO y los sustratos (Pardilla et al., s.f.).

#### 2.5.5 Características sensoriales

Las características sensoriales se asocian al sabor, color, aroma y textura del producto; estas propiedades van a determinar su aceptación o no por parte del consumidor. Las lesiones que sufre el producto y la exposición al ambiente durante el procesamiento generan un aumento en la pérdida de agua por evaporación y deshidratación, esto reduce la turgencia haciéndolo más susceptible al deterioro y ocasionado una pérdida de calidad sensorial del producto final (Tapia et al., 2015).

En los productos MPF se utilizan películas plásticas para disminuir la pérdida de calidad sensorial. Pero durante el almacenamiento refrigerado si la composición de la atmósfera dentro del envase no es óptima, mediante transferencia de olores pueden producirse sabores o aromas extraños debido al metabolismo fermentativo (Artés et al., 2000).



### 2.5.6 Características microbiológicas

La proliferación de hongos, bacterias y levaduras es estimulada por el proceso de corte, fundamentalmente por la liberación del contenido celular, lo que constituye un ambiente ideal para el crecimiento de microorganismos no deseados en el producto final. La cantidad de microorganismos varía de acuerdo con el tipo de fruta u hortaliza, las prácticas de manejo y la higiene durante la manipulación (Artés et al., 2007). Para evitar esta contaminación es clave aplicar una higiene muy estricta durante las etapas de elaboración del producto MPF y una adecuada conservación en condiciones de refrigeración y de atmósfera modificada (Diezma, 2016).

### 2.5.7 Características nutricionales

Las frutas y verduras son componentes esenciales de una dieta saludable, y según la Organización Mundial de la Salud, un consumo diario suficiente podría contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares y algunos cánceres. Por lo tanto, las pérdidas nutricionales de los productos MPF podrían determinar su vida útil OMS (2019).

El procesamiento puede provocar pérdidas nutricionales con el tiempo de almacenamiento del producto. Esto promueve la síntesis de etileno, acelerando los procesos de senescencia, con pérdidas principalmente de antioxidantes que ven afectada su estabilidad por un gran número de factores entre los que destacan la temperatura, la luz y el oxígeno (Wiley y Friedman, citados por Salinas et al., 2007).

## 2.6 POTENCIAL VARIETAL PARA EL PROCESAMIENTO MÍNIMO

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta, al momento de elaborar un producto MPF, es la correcta elección de la MP, donde se incluyen las características de la variedad (Artés-Hernández et al., 2009). En el caso de las manzanas, es recomendable trabajar con variedades de pulpa firme, capaces de soportar las diferentes operaciones a las que son sometidas, como las variedades Golden Delicious y Granny Smith que de las más utilizadas por sus texturas firmes y menor susceptibilidad al pardeamiento (Sierra, 2004).

Dentro de los aspectos a considerar, en el caso de las manzanas, se considera la susceptibilidad al pardeamiento. Según Arias et al. (2008) en general, las frutas ricas en fenoles totales y pobres en compuestos con capacidad antioxidante como el ácido ascórbico, son más susceptibles al pardeamiento enzimático, por lo que la elección varietal es un factor clave para el éxito del producto.

## 2.7 TECNOLOGÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD EN PRODUCTOS MPF

A continuación se describen diferentes tecnologías empleadas para el mantenimiento de la calidad en los productos MPF, como son el almacenamiento refrigerado, el envasado en atmósfera modificada y la desinfección.

### 2.7.1 Almacenamiento refrigerado

A la hora de mantener la calidad, tanto organoléptica, como funcional, de los productos MPF, es esencial mantenerlos en refrigeración, a temperaturas de entre 0 - 5 °C hasta el consumo final, ya que se trata de tejidos vivos y, por consiguiente, la temperatura influye sobre la velocidad de las reacciones biológicas. Es por esto que, cuanto menor es la temperatura, mayor es la calidad del producto y el tiempo de conservación (Artés et al., 2007).

### 2.7.2 Envasado en atmósfera modificada

Los productos MPF se envasan en atmósferas modificadas. La tecnología de modificación de la atmósfera consiste en alterar la proporción de los gases que conforman la atmósfera normal, al reducir la concentración de O<sub>2</sub> y aumentar a moderada o alta la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior del envase. Esto provoca cambios fisiológicos como por ejemplo, una disminución de la respiración aeróbica, reducción en la producción de etileno, enlentecimiento del pardeamiento enzimático y de otros procesos degradativos como por ejemplo el ablandamiento de la pulpa (Artés, 2006).

La atmósfera modificada se puede realizar de manera pasiva o activa. En la atmósfera modificada pasiva, se alcanza un equilibrio entre velocidad de respiración del

producto y la permeabilidad selectiva del envase al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, estando herméticamente cerrado (Pardilla et al., s.f.). En la atmósfera modificada activa, se realiza un reemplazo parcial de la atmósfera en el interior, ya sea con una mezcla gaseosa deseada o mediante la inyección de N<sub>2</sub> que se recomienda cuando se quiere alcanzar rápidamente la atmósfera deseada (Artés, 2006).

Usualmente en productos MPF se recomienda una atmósfera modificada con concentraciones de O<sub>2</sub> de entre 2 y 8 %, mientras que, las concentraciones óptimas de CO<sub>2</sub> recomendadas varían entre el 5 y 15 %, dependiendo del producto del que se trate (Arias et al., 2008).

### 2.7.3 Desinfección

Si bien ningún método de desinfección permite la eliminación total de los microorganismos, los agentes desinfectantes son fundamentales para mantener la calidad del agua de lavado con el fin de prevenir la contaminación cruzada del producto (Gil et al., 2009).

Durante el proceso de elaboración de los productos MPF, la etapa de desinfección constituye un punto crítico y resulta decisiva para el mantenimiento de la calidad, seguridad y vida útil del producto.

El cloro y sus derivados se han usado como el principal agente desinfectante (Aguayo et al., 2017). En el trabajo de Cano (2001) se recomiendan concentraciones de 100 - 200 mg de cloro en el agua de lavado antes y después del pelado/cortado para reducir la carga microbiana. Algunos autores como Artés-Hernández et al. (2009), Gil et al. (2009) indican que alguno de estos productos pueden tener efectos nocivos para la salud y el medio ambiente, lo que ha llevado a buscar métodos alternativos a los derivados del cloro, tan efectivos como estos, pero más amigables con el medio ambiente (Silveira, 2017).

En este contexto se desarrollan alternativas de desinfección sostenibles que puedan reemplazar al cloro, por ejemplo, diferentes compuestos químicos, algunos de los que se describen a continuación.

\*Ácido peracético, tiene un gran interés debido tanto a su eficacia reduciendo la carga microbiana del producto, como a su inocuidad ya que se descompone en forma espontánea en sus componentes, ácido acético, agua y oxígeno, que no tienen ningún efecto a nivel del medio ambiente. Presenta baja reacción con la materia orgánica presente en el agua de proceso. Según los límites establecidos por la FDA, la

concentración máxima permitida para el lavado de frutas y hortalizas MPF es de 80 ppm, aunque algunos estudios indican que esta concentración es insuficiente para garantizar la inocuidad de estos productos (Hellstrom y Col, citados por Gil et al., 2009).

\*El ozono ( $O_3$ ) es un oxidante 1,5 veces más potente que el cloro, con acción antimicrobiana frente a bacterias de tipo Gram negativas y positivas, hongos, levaduras, virus, protozoos y esporas. Es muy corrosivo y letal para el hombre a concentraciones superiores a 4 ppm (Aguayo et al., 2017).

\*Dióxido de cloro, que también es un agente oxidante que presenta una escasa capacidad de reaccionar con la materia orgánica. Por otro lado, no genera productos de reacción; es más estable a amplios rangos de pH y menos corrosivo que el hipoclorito de sodio. La concentración máxima autorizada por la FDA es de 3 ppm, siendo necesario un enjuague posterior (Gil et al., 2009).

Además de los métodos químicos, se han desarrollado también, métodos físicos de desinfección, entre los que se encuentran los que se describen seguidamente.

\*La radiación UV-C, que es la comprendida entre 190 a 280 nm, tiene efecto germicida siendo eficaz para disminuir la contaminación superficial de frutas y hortalizas (Baeza et al., 2015). La efectividad del tratamiento depende de la intensidad y tiempo de exposición, así como de la respuesta y sensibilidad del tejido vegetal tratado (Artés-Hernández et al. 2009, Gutiérrez et al. 2016).

\*Tratamientos térmicos, que comprenden tanto al uso de aire, agua o vapor de agua y son una buena alternativa para el control de microorganismos, además de inhibir la actividad de las enzimas vinculadas a los procesos de deterioro, al provocar una desnaturalización de tipo reversible. Sin embargo, este tratamiento es incompatible con algunos alimentos frescos cortados como es el caso de las frutas, ya que acelera su deterioro (Gil et al., 2005).

\*Existen otros métodos físicos como la irradiación y el ultrasonido, además de la posibilidad de combinar métodos físicos y químicos para obtener mejores resultados en lo que al control del deterioro se refiere (Gil et al., 2005).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron manzanas de la variedad Oregon Spur y Granny Smith del predio Domingo Moizo, ubicado en Melilla Montevideo, Uruguay.

La fruta de ambas variedades se cosechó en marzo de 2017. El momento óptimo de cosecha fue determinado a partir del contenido de almidón, medido a través del test de yodo utilizando una escala de 1 - 6 puntos y definiéndose como óptimo para la cosecha, los valores entre 2,5 - 3. Además de este índice se utilizó la firmeza de la pulpa, cuyos valores estuvieron entre 67 - 71 N.

La fruta se transportó en cajones de madera desde el predio hasta el laboratorio de Poscosecha de Frutas y Hortalizas de la UdelaR. Facultad de Agronomía (Montevideo, Uruguay). Una vez allí, la fruta fue conservada en una cámara de frío  $0 \pm 1$  °C y una humedad relativa del  $98 \pm 1$  % hasta realizar el procesamiento e instalación de los ensayos.

Para Oregon Spur se realizaron 2 ensayos, el primero en el mes de mayo, utilizando materia prima almacenada durante 2 meses luego de cosecha y el segundo, en el mes de agosto, con materia prima de 5 meses de conservación. Mientras que para Granny Smith se realizaron 3 ensayos, luego de 3, 5 y 6 meses de cosecha. El primero en el mes de junio, utilizando materia prima almacenada durante 3 meses luego de cosecha, el segundo, en el mes de agosto, con materia prima de 5 meses de conservación y el tercero en el mes de setiembre con materia prima de 6 meses de conservación.

#### 3.2 PROCESADO DE LA MATERIA PRIMA

El procesado se inició con la selección manual de las frutas, descartando aquellas con defectos visibles como alteraciones de color (quemado por sol, escaldado) deshidratación, podredumbres, picado de insectos y golpes.

Posteriormente se procedió a lavarlas con agua potable, a temperatura ambiente, en una pileta de acero inoxidable. Las frutas lavadas se dispusieron en cajones de plástico limpios y se llevaron nuevamente a la cámara de frío, donde permanecieron

hasta el día siguiente, momento en el que se realizó el procesamiento que se describe a continuación.

Las manzanas fueron cortadas en cascós, sobre una plancha de acero inoxidable por medio de un cortador del mismo material, que se muestra en la figura 2 (Just Home Collection, China). Este proceso se realizó en una pre-cámara previamente sanitizada y enfriada entre 6 - 8 °C.

Inmediatamente luego del corte, los cascós fueron colocados en un contenedor de plástico con agua fría a 4 °C, para evitar la ocurrencia de pardeamiento enzimático.

Posteriormente se continuó con el proceso de sanitización, para lo cual los cascós fueron sumergidos en agua a 4 °C, que también contenía hipoclorito de sodio (NaOCl) a una concentración de 150 ppm por 2 min, con agitación constante. Luego se procedió a enjuagar por 2 min también en agua a 4 °C, con ácido ascórbico al 1 % (USP, Droguería Paysandú, Uruguay), para el control del pardeamiento enzimático.

Para eliminar el exceso de agua y prevenir condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos, se realizó la centrifugación manual, utilizando una centrífuga doméstica (Ilko, 81, Chile), colocando posteriormente los cascós en bandejas con papel de cocina adsorbente, con el objetivo de eliminar restos de agua libre.



Figura 2. Corte de los cascós de Granny Smith

### 3.3 ENVASADO

Para envasar las frutas se hicieron bolsas a partir de un rollo tubular de polietileno de baja densidad (PEBD), de 60  $\mu\text{m}$  de espesor o de polipropileno (PP) de 45  $\mu\text{m}$  de espesor (Polybag LTDA, Uruguay). Las bolsas tenían una dimensión de 19 x 24 cm y los bordes fueron termo-sellados manualmente (Impulse sealer, PFS-400, China).

El envasado se realizó en la pre-cámara sanitizada y enfriada. Cada bolsa fue identificada con sus respectivos momentos y repeticiones. Luego del envasado, las bolsas se pesaron con balanza digital (ACCULAB, VI-10kg, USA) y fueron almacenadas en estantes a 0 °C y 98 % HR. Luego de 0, 5, 10 y 15 días a 0 °C  $\pm$  1 °C. Se tomaron 4 repeticiones para la realización de las diferentes determinaciones.

### 3.4 DETERMINACIONES

Fueron realizadas en el laboratorio de Poscosecha de Frutas y Hortalizas, laboratorio de Fitopatología y laboratorio de Nutrición Animal todos ellos pertenecientes a la UdelaR. Facultad de Agronomía. También se efectuaron determinaciones en el laboratorio de Poscosecha de la Estación Experimental de INIA Las Brujas.

#### 3.4.1 Composición gaseosa de la atmósfera en el envase, concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>

La concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el interior de cada envase fue determinada a los 0, 5, 10, 15 días de conservación mediante un analizador de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> portátil (Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca, figura 3). Las mediciones se realizaron por triplicado en cada bolsa, tratamiento, variedad y fecha de muestreo y los valores fueron expresados en porcentaje.



Figura 3. Analizador de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (medición en Oregon Spur)

### 3.4.2 Tasa de respiración

La tasa de respiración se determinó por método estático, siguiendo en líneas generales la metodología de Stern et al. (2001) a través de la cromatografía gaseosa.

Para la medición, los cascos se colocaron en frascos de vidrio, con tapa de cierre hermético y un septum de goma. Cada uno de los frascos permaneció abierto en la cámara de frío y en cada día de evaluación (1, 5, 7, 10 y 15 días) se cerraron por 1,5 h. Luego se extrajo una muestra de gas del espacio de cabeza de cada frasco, a través del septum con una jeringa descartable de 10 mL (figura 4). La muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases (Agilent, 7890B, Estados Unidos) siendo la temperatura del inyector, horno y detector de 20, 60 y 200 °C, respectivamente.

Las evaluaciones se realizaron 3 veces por semana durante 15 días, constituyendo 4 repeticiones por momento de evaluación en cada variedad. Los valores se expresaron como mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.





Figura 4. Extracción de gas del espacio de cabeza de frascos herméticos con cascos de Granny Smith

La concentración de CO<sub>2</sub> fue calculada con la fórmula:

$$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = \frac{\Delta \text{CO}_2 \%}{100} \times \frac{\text{Volumen libre (mL)}}{\text{Peso de la muestra (kg)}} \times \frac{1}{\text{Tiempo (h)}} \times 1,98$$

Nota: para la densidad del gas CO<sub>2</sub> se tomó el valor 1,98 (mg/mL) para pasar de mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> a mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> porque se trabajó a 0 °C y 1 atmósfera.

### 3.4.3 Color

El color fue medido en 6 cascos de cada uno de los tres envases (n=18), mediante un colorímetro triestímulo (Precise Color Reader, TCR 200, Beijing, China), que se muestra en la figura 5. Las evaluaciones se realizaron a los 0, 5, 10 y 15 días.

Se obtuvieron las coordenadas espaciales del color CIELAB (L\*, a\*, b\*), donde el parámetro L\* indica la luminosidad (0 negro y 100 blanco), a\* el gradiente de rojo (valores positivos) o verde (valores negativos); y b\* de amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos).

También se calculó la saturación o Chroma =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , cuyos valores están entre 0 (menos saturado o apagado) y 100 (más saturado o vívido), y el tono o  $H_{ab} = \tan^{-1}(b/a)$ , expresado en grados donde  $0^\circ$  es rojo,  $90^\circ$  amarillo,  $180^\circ$  verde, y  $270^\circ$  azul.



Figura 5. Medición del color en cascos de Oregon Spur con colorímetro digital

#### 3.4.4 Firmeza

La firmeza de los cascos de manzana se determinó mediante un texturómetro (TA.XT Plus, Hamilton, Estados Unidos), provisto de un puntero cilíndrico de base plana de 3 mm de diámetro (figura 6). La medición se realizó en un punto (zona central del casco), estableciendo las condiciones de entrada y salida a una velocidad de 5 mm/s, hasta una profundidad de 5 mm. Los valores se expresaron en Newton (N). Las determinaciones se realizaron en 6 cascos de cada una de las tres repeticiones de los diferentes tratamientos (n = 18).



Figura 6. Medición de la firmeza en cascos de Granny Smith utilizando texturómetro

#### 3.4.5 Porcentaje de pérdida de peso

Tres repeticiones de cada uno de los envases (PP y PEDB) fueron pesados luego del envasado de los cascos de manzana MPF (inicio), y en cada uno de los momentos de análisis (5, 10 y 15 días), mediante una balanza digital (Acculab, VI – 10 kg, USA). El porcentaje de pérdida de peso se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{[\text{peso inicial (g)} - \text{peso final (g)}]}{\text{peso inicial (g)}} \times 100$$

#### 3.4.6 Crecimiento microbiano

Se realizaron recuentos en placas de aerobios mesófilos, psicrófilos, *Enterobacteriaceae*, hongos y levaduras.

Las determinaciones se realizaron en condiciones asépticas. Para ello se pesaron en bolsas estériles (Nasco, Whirl-Pak, Estados Unidos), 10 g de fruta que se

homogeneizaron manualmente en 90 mL de agua de peptona (Bufferd Peptone Water, Oxoid Ltd, Basingstoke, Inglaterra).

Para la determinación de *Enterobacteriaceae*, psicrófilos y mesófilos se realizaron siembras en inmersión. Para ello se extrajo 1 mL del macerado de la fruta con el agua peptonada, empleando una micropipeta (Thermo Scientific, Finnpiptete F2, Finlandia). El macerado se colocó en placas de Petri descartables de 90 mm de diámetro, agregándose entre 15 y 20 mm de medio de cultivo específico para cada grupo de microorganismos.

Mesófilos y psicrófilos se sembraron en agar de recuento en placa (Oxoid Ltda., Basingstoke, Inglaterra), mientras que las *Enterobacteriaceae* se sembraron en agar bilis rojo violeta (Oxoid Ltda., Basingstoke, Inglaterra).

La siembra de hongos y levaduras se realizó en superficie, tomándose 0,1 mL del macerado de la fruta con agua peptonada, y sembrándolo en agar de dextrosa de papa (Oxoid Ltda., Basingstoke, Inglaterra) que contenía 0,2 g.L<sup>-1</sup> de sulfato de streptomina (Sigma-Aldrich, Misuri, Estados Unidos).

En algunos momentos, fue necesario realizar diluciones seriadas. Para esto, de la muestra original (90 mL de agua peptonada) se tomó 1 mL con una micropipeta (Thermo Scientific, Finnpiptete F2, Finlandia) y se colocó en tubos de vidrio de 14 mL, conteniendo 9 mL de agua peptonada estéril.

Las condiciones de incubación fueron de 37 °C durante 24 h para *Enterobacteriaceae* y mesófilos, 25 °C durante 7 días para hongos y levaduras y 7 °C durante 7 días para psicrófilos. El análisis microbiológico se realizó a los 0, 5, 10, 15 días de conservación a 0 °C. Los recuentos se expresaron en unidades logarítmicas formadoras de colonias por gramo (log UFC g<sup>-1</sup>). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

#### 3.4.7 Contenido de sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron por refractometría a partir del jugo de una muestra compuesta de pulpa y cáscara obtenidas de cascos congelados (-20 °C), que fueron picados y colocados en tubos de centrifuga de fondo cónico con 50 mL de capacidad (Falcon, Méjico), tapados con gasa en el extremo e invertido durante 1 día a 7 °C para drenar el líquido del descongelado.

A partir de la muestra ya drenada, se extrajo el jugo mediante una prensa de ajo de uso doméstico. Posteriormente se determinaron los SST a partir del jugo mediante un refractómetro digital auto compensado para temperatura (Atago, ATC 0-53 %, Japón). Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada momento de evaluación (0, 5, 10 y 15 días) y para cada tipo de envase. Los resultados se expresaron en °Brix.

#### 3.4.8 Polifenoles totales

Los polifenoles totales (PT) se determinaron según la metodología propuesta por Singleton y Rossi (1965), por triplicado para cada momento de evaluación (0, 5, 10 y 15 días) y para cada tipo de envase. El extracto se obtuvo a partir de 3 g de pulpa congelada (-80 °C) procedente de 6 cascos de cada una de las bolsas, que se homogeneizaron (Scientz, XHF-D, China) con 5 mL de metanol al 70 %, durante 1 min a 13.500 rpm. Las muestras homogeneizadas y previamente etiquetadas se mantuvieron en agua y hielo (0 °C) en oscuridad durante 1h. Posteriormente, se centrifugaron por 10 min (Thermo Scientific ST16R, Alemania), y se recogió el sobrenadante en microtubos de centrifuga (Eppendorf, Alemania) de 1,5 mL que se guardaron en ultracongelador hasta ser utilizados.

Para la determinación se utilizaron 200 µL del extracto, al que se añadieron 300 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1:1, Merck, Darmstadt, Alemania) y 2.000 µL de una solución de hidróxido de sodio (NaOH; Carlo Erba, Italia) y carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; Merck Kgaa, Darmstadt, Alemania) al 0,4 y 2 % respectivamente. La mezcla se mantuvo en oscuridad y a temperatura ambiente durante 90 min. Luego de transcurrido este tiempo, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV-visible (Único, S-2150, Estados Unidos) a 760 nm, tomando como blanco la solución con agua destilada en lugar del extracto. La cantidad de PT fue expresada en mg de equivalente ácido gálico (EAG) cada 100 g de peso fresco (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF).

#### 3.4.9 Capacidad antioxidante total

La capacidad antioxidante total (CAT), fue determinada por el método propuesto por Brand-Williams et al. (1995) utilizando el reactivo 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y por el método del Poder Antioxidante de Reducción Férrica (FRAP), en base a la metodología propuesta por Benzie y Srtain (1996).

Para el método de DPPH se realizó una solución madre a partir de DPPH (Sigma-Aldrich, San Luis, Estados Unidos) y metanol (Merck, Darmstadt, Alemania). De la solución madre se extrajeron 10 mL que fueron diluidos en 45 mL de metanol (99,8 % de pureza), hasta obtener una absorbancia de 1,1 a 515 nm. De dicha solución se utilizaron 1.900  $\mu\text{L}$  que se mezclaron con 100  $\mu\text{L}$  del mismo extracto utilizado para la medición de los PT. Luego de 170 min de incubación en oscuridad y temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 515 nm mediante un espectrofotómetro UV-visible (Único, S-2150, Estados Unidos).

Para llevar a cabo la metodología de FRAP fue necesario preparar las siguientes soluciones: buffer acetato de sodio ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$ ) 300 M, pH 3,6; cloruro de hierro ( $\text{FeCl}_3^-$ ) 20 M y 2, 4, 6-tirpiridil s-triazina (TPTZ) 10 M, disuelto en 40 M de ácido clorhídrico (HCl).

El reactivo FRAP propiamente dicho fue preparado mezclando 10 mL de buffer acetato, 1 mL de solución  $\text{FeCl}_3$  y 1 mL de solución TPTZ, que se incubaron por 120 min a 37 °C. Los reactivos utilizados fueron todos (Sigma-Aldrich, San Luis, Estados Unidos).

Para hacer la determinación, se tomaron 1.800  $\mu\text{L}$  de la solución FRAP a la que se agregaron 180  $\mu\text{L}$  de agua destilada y 60  $\mu\text{L}$  del extracto. La reacción se llevó a cabo en la oscuridad a temperatura ambiente durante 180 min. Se midió la absorbancia a 595 nm con un espectrofotómetro UV-visible (Único, S-2150, Estados Unidos).

La concentración de compuestos antioxidantes se expresó en mg equivalentes de ácido ascórbico por gramo de muestra en peso fresco ( $\text{mg EAA g}^{-1}$  PF).

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con estructura factorial. En cada variedad de manzana (Oregon Spur, Granny Smith) los factores considerados fueron, el material del envase (PP y PEBD), el tiempo de conservación de la materia prima y el tiempo de conservación del producto MPF.

El tiempo de conservación de la materia prima en las manzanas Oregon Spur presentó 2 niveles (2 y 5 meses) y en Granny Smith 3 niveles (3, 5 y 6 meses). El tiempo de conservación del producto MPF para ambas variedades fue de 4 niveles (0, 5, 10 y 15 días).

Se analizó el efecto del tipo de envases y el tiempo de conservación de la MP (2x2 y 2x3 para Oregon Spur y Granny Smith respectivamente) y del tiempo de conservación del producto MPF frente al tiempo de conservación de la MP (4x2 y 4x3 para Oregon Spur y Granny Smith, respectivamente).

Las unidades experimentales fueron cada una de las bolsas con aproximadamente 180 g de cascos de manzanas. Se realizaron 4 repeticiones por tratamiento.

Las variables fisiológicas, físicas microbiológicas y químicas se analizaron de forma independiente a través de un análisis de varianza (ANAVA). Cuando el análisis fue significativo, los tratamientos se compararon a través del test de Tukey con un nivel de significancia de 0,05 ( $\alpha$ ).

Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat Statistical versión 2019, desarrollado por la Universidad de Córdoba, Argentina (INFOSTAT, 2019).

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = \text{tratamiento} \\ j = \text{repetición} \end{array}$$

$Y_{ij}$  = Valor observado para el tratamiento (i) en la repetición (j)

$\mu$  = Media poblacional de los tratamientos que se comparan en el experimento

$\tau_i$  = Efecto relativo del tratamiento (i)

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

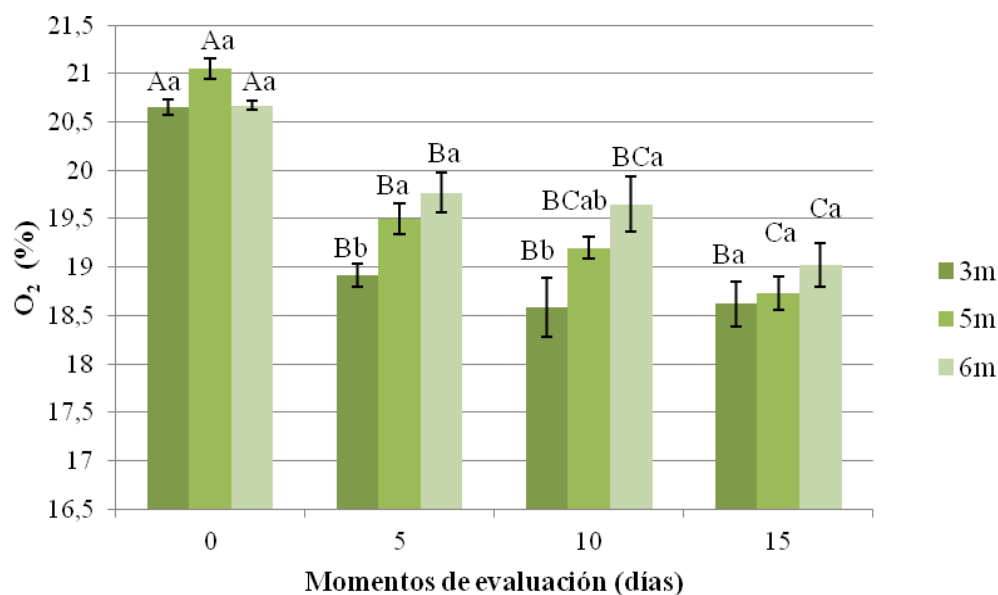
### 4.1 COMPOSICIÓN GASEOSA DE LA ATMÓSFERA EN EL ENVASE

#### 4.1.1 Concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>)

En la figura 7 se muestran los valores promedios del contenido de O<sub>2</sub>, medidos en el interior de los envases con cascos de Granny Smith procedentes de MP de 3, 5 y 6 meses de conservación, durante los 15 días de evaluación.

Los cascos procedentes de MP de 3 meses de conservación, presentaron en el día 0 un 20,65 % de O<sub>2</sub>. Entre los 5, 10 y 15 días, los valores no difirieron entre sí y fueron siempre inferiores al del día 0. Esta tendencia también se observó al evaluar cascos elaborados a partir de MP de 5 meses, donde en el día 0 el contenido de O<sub>2</sub> (21,05 %) fue mayor respecto a los 5, 10 y 15 días de evaluación. A su vez en cascos de MP de 6 meses el contenido de O<sub>2</sub> descendió un 8 % entre el inicio y los 15 días. Como era esperable, para los tres tiempos de conservación de la MP, la cantidad de este gas disminuyó entre el inicio y los 15 días de evaluación. Al comparar el tiempo de conservación de la MP en cada uno de los momentos, no hubo un efecto de este sobre la actividad respiratoria de los cascos.

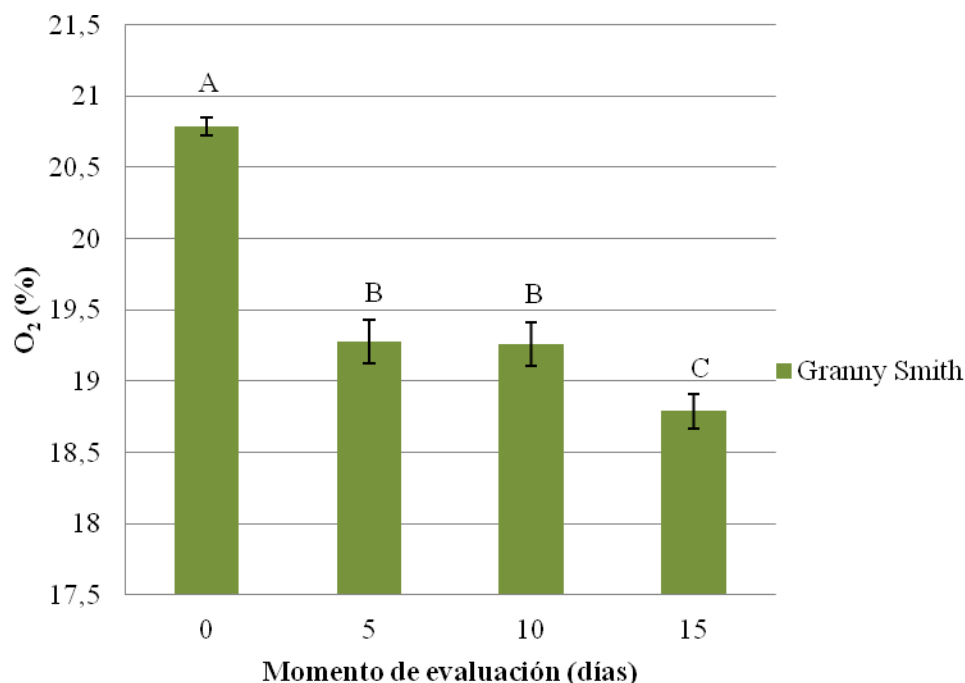




Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 6$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de la MP, minúsculas comparan 3, 5 y 6 meses en cada momento de evaluación.

Figura 7. Oxígeno (%) en envases con cascos de Granny Smith, MP conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación

En la figura 7 se presenta la evolución del contenido de  $O_2$  de Granny Smith, sin considerar el origen de la MP. Los niveles de  $O_2$  descendieron con el transcurso de los días, el máximo valor se dio al inicio (20,79 %). Entre los 5 y 10 días no se observaron diferencias, mientras que a los 15 días los niveles de  $O_2$  presentaron los valores más bajos (18,79 %).



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 18$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación 0, 5, 10 y 15 días.

Figura 8. Oxígeno (%) en envases con cascos de Granny Smith, según momento de evaluación, sin diferenciar por origen de MP

El material de los envases utilizados no afectó diferencialmente la concentración de O<sub>2</sub> en ningún tiempo de conservación de la MP ni del producto MPF, siendo los valores obtenidos para PP de 19,48 % y de 19,56 % para PEBD (datos no mostrados).

En Oregon Spur, se analizó la composición de la atmósfera solo en los días 0 y 15 debido a inconvenientes con el analizador. En el día 0 los niveles se encontraron entre 20,1 %, mientras que a los 15 días descendieron a 19,1 % (datos no mostrados).

Para la misma variedad, el origen de la MP a partir de los cuales se elaboraron los cascos, no tuvo efecto en el contenido de O<sub>2</sub> dentro de los envases. En cascos elaborados a partir de MP de 2 meses el valor promedio de O<sub>2</sub> fue 19,55 % y en los elaborados a partir de MP de 5 meses de 19,70 % (datos no mostrados).

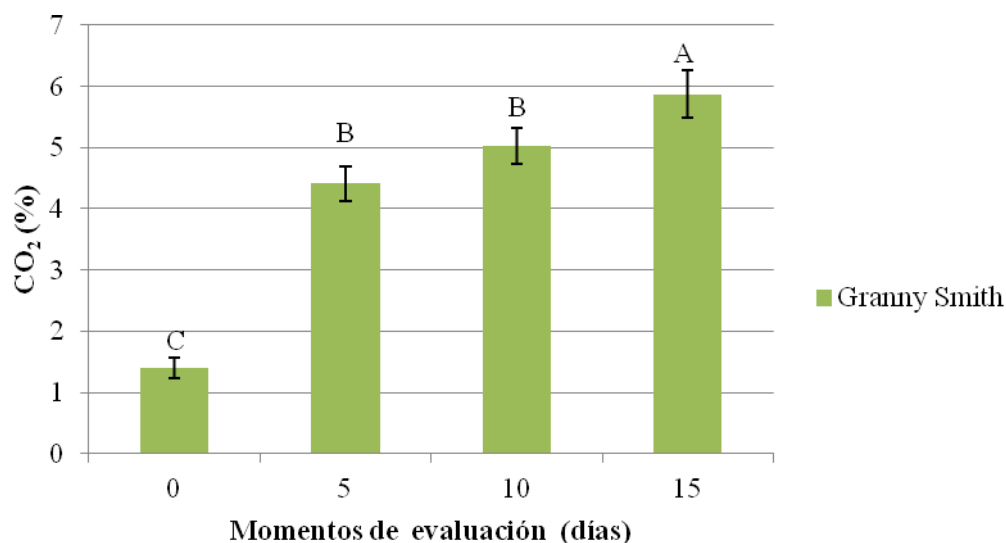
También en los cascos de Oregon Spur, el tipo de material de envasado no influyó sobre los niveles de O<sub>2</sub> medidos en los diferentes tiempos de conservación del

producto MPF y procedentes de MP conservada por 2 y 5 meses. En el caso de los envases de PP el nivel fue 19,62 % y en los de PEBD ascendió a 19,64 % (datos no mostrados).

#### 4.1.2 Concentración de CO<sub>2</sub>

En Granny Smith, el nivel de CO<sub>2</sub> en el interior de los envases aumentó con el transcurso de los días pasando de 1,37 a 4,41 % y 5,0 % a los 5 y 10 días respectivamente para alcanzar un valor de 5,87 % al final de la conservación (figura 9).

En la variedad Oregon Spur, se observó el mismo comportamiento, donde existieron diferencias entre inicio y final de la evaluación, con valores de 1,9 y 4,6 % respectivamente (datos no mostrados).



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n = 18). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación 0, 5, 10 y 15 días.

Figura 7. CO<sub>2</sub> (%) en envases con cascos de Granny Smith según momento de evaluación

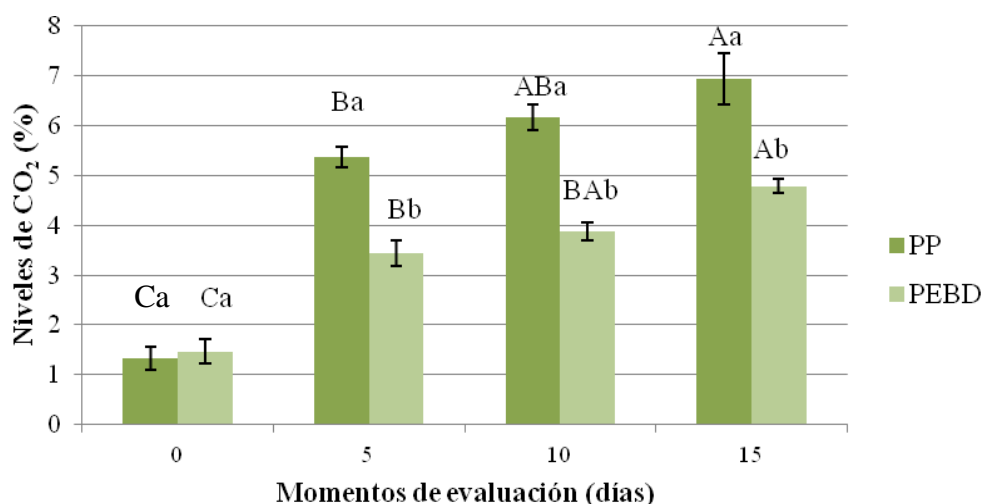
En la figura 9 no se discriminaron los diferentes tiempos de conservación de la MP porque no mostraron efecto en la concentración de CO<sub>2</sub>, por tanto, se usó un promedio en cada caso.

En las variedades analizadas, el material de envasado afectó los niveles de CO<sub>2</sub> medidos. Tanto en Granny Smith como en Oregon Spur los niveles más altos de CO<sub>2</sub> se midieron en el envase de material PP.

En Granny Smith, los niveles de CO<sub>2</sub> mostraron diferencias entre tipo de envase para los diferentes momentos de conservación del producto MPF. En los envases de PP el contenido de CO<sub>2</sub> al inicio fue significativamente menor (1,3 %) que en los 5, 10 y 15 días donde se alcanzaron valores de 5 y 7 % (figura 10). Esta tendencia se repitió en los envases de PEBD, aunque en este material la concentración de CO<sub>2</sub> alcanzada fue entre 3,44 y 4,79 %, menor a la del PP.

En cascos de Oregon Spur, los niveles de CO<sub>2</sub> presentaron diferencias en los momentos de conservación. El contenido de CO<sub>2</sub> al inicio fue significativamente menor (1,8 %) que luego de 15 días donde se alcanzó un valor de 4,4 %. Con respecto al tipo de envase utilizado, la concentración de CO<sub>2</sub> alcanzada en el promedio de los cuatro momentos evaluados fue de 2,1 % en PEBD y de 3,2 % en PP.

Vargas et al. (2010), en pitahaya MPF conservadas por 21 días a 4 y 8 °C, utilizando tres tipos de envases PP, PEBD y cloruro de polivinilo (PVC), tuvieron resultados similares a los de esta tesis. En envases de PP las concentraciones de CO<sub>2</sub> fueron aumentado desde 0 al inicio hasta 5 % a los 14 días cuando el producto se almacenó a 4 °C. Mientras que en los cascos almacenados en PEBD, la tendencia fue similar, pero a los 14 días el valor máximo fue 3 %.



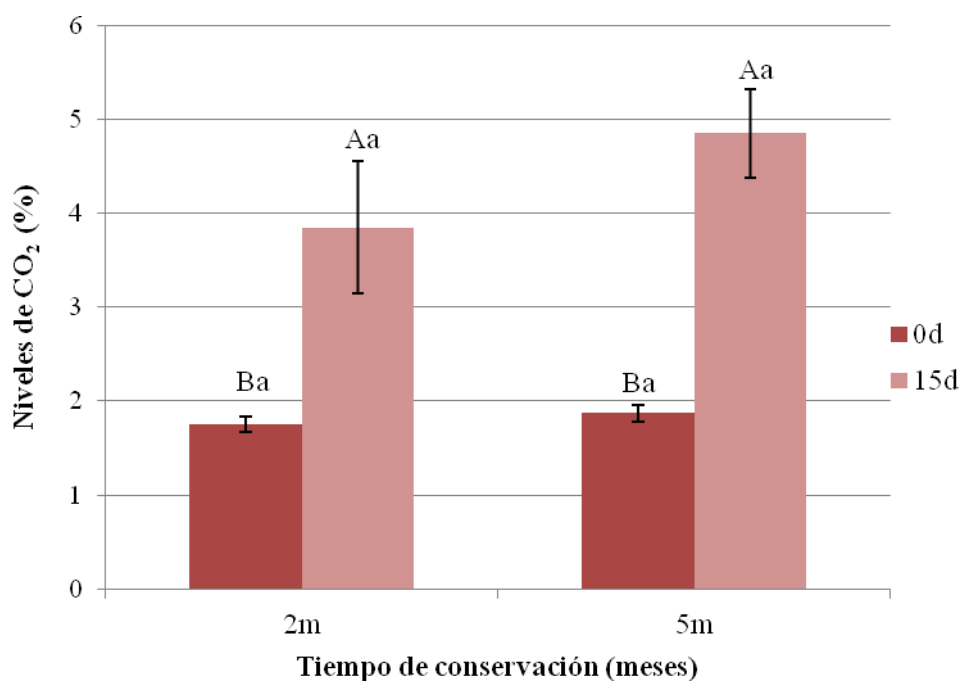
Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 9$ ). Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los momentos de evaluación y las minúsculas comparan tipos de envases.

Figura 10.  $\text{CO}_2$  (%) dentro de los envases de PP y PEBD con cascos de Granny Smith según momento de evaluación

En envases con cascos de Granny Smith, los niveles de  $\text{CO}_2$  no fueron afectados por el origen de la MP utilizada. Bolsas con cascos procedentes de MP de 3, 5 y 6 meses tuvieron valores promedio de 4,06, 4,28 y 4,17 % respectivamente.

El tiempo de conservación de la MP no tuvo efecto en los niveles de  $\text{CO}_2$  dentro de las bolsas que contenían cascos de Oregon Spur. El contenido de  $\text{CO}_2$  promedio de todos los momentos evaluados, en MP de 2 meses fue similar al de la MP de 5 meses y en ambos casos estuvo en el entorno del 3 % (datos no mostrados).

En esta tesis, envases con cascos de Oregon Spur variaron su contenido de  $\text{CO}_2$  en función de los momentos de evaluación (figura 11). Los cascos procedentes de MP de 2 y 5 meses, en el día 0 no presentaron diferencias con valores de 1,75 y 1,87 % respectivamente, mientras que al final del periodo de evaluación presentaron valores de, 3,9 y 4,9 % para MP de 2 y 5 meses de conservación respectivamente.



Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los momentos de evaluación y las minúsculas comparan los meses de conservación de la MP. Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 6$ ).

Figura 11. Concentración de CO<sub>2</sub> (%) en envases con cascos de Oregon Spur en MP de 2 y 5 meses para cada momento de evaluación (0 y 15 días)

En Granny Smith y Oregon Spur se modificó la composición de la atmósfera dentro de los envases durante los 15 días de evaluación. La concentración de O<sub>2</sub> descendió y se acumuló CO<sub>2</sub>. Esto se debe a la respiración de la fruta y a la permeabilidad del envase a estos gases. Autores como Hernández et al. (2007), Pereyra (2011) encontraron resultados coincidentes con los encontrados en esta tesis. Hernández et al. (2007) en ananá cv. Roja Española, reportaron modificaciones en la composición de la atmósfera dentro del envase durante los 12 días evaluados, con valores de O<sub>2</sub> de 18,9 % y 2,0 % de CO<sub>2</sub> al final de la conservación. Por otro lado, Pereyra (2011), en manzanas Fuji y Granny Smith MPF y evaluadas por 11 días, determinó que los niveles de O<sub>2</sub> descendieron de 5 a 1,5 % y los de CO<sub>2</sub> aumentaron de 0 a 5,2 % en el transcurso de ese período.

En este trabajo se pretendió mediante el envasado en atmósfera modificada (AM) pasiva, lograr la composición de la atmósfera recomendada para la conservación de las manzanas MPF. Si bien los valores de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> evolucionaron de forma esperada para ambas variedades estudiadas, el incremento de CO<sub>2</sub> y la disminución de O<sub>2</sub> constatados, difieren de lo recomendado para la conservación de los productos MPF por

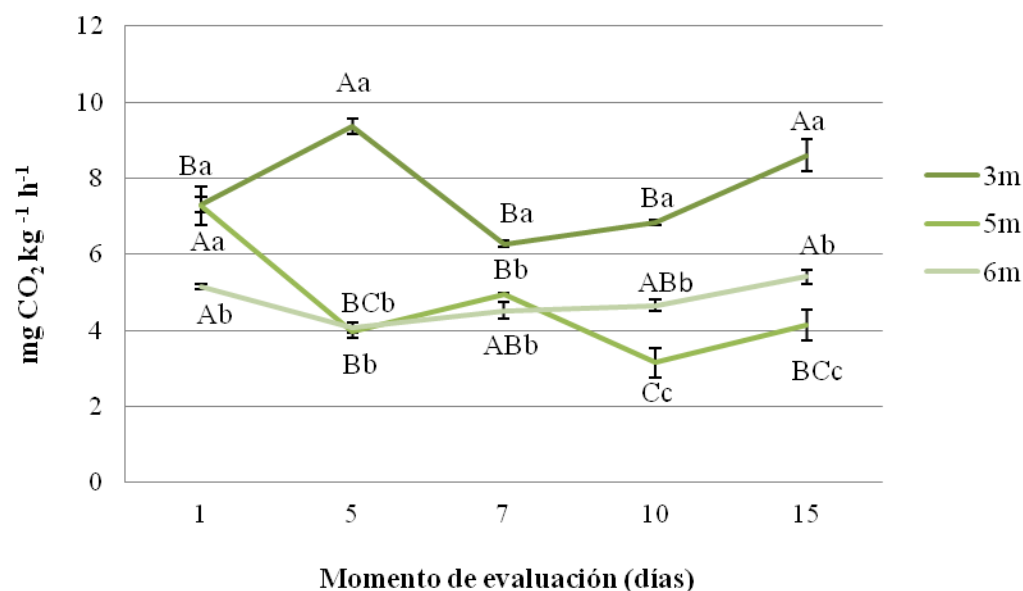
otros autores. En este sentido, Gorny, citado por Agostinho (2011) recomienda para la conservación de manzanas MPF, requiere valores menores a 1 % de O<sub>2</sub> y entre 4 - 12 % de CO<sub>2</sub>. Mientras que Escalona (2017) recomienda concentraciones de O<sub>2</sub> entre 2 a 8 % y de CO<sub>2</sub> entre 5 y 15 % para los MPF en general, ya que con estos valores de composición de la atmósfera se logra reducir el pardeamiento y prolongar la vida útil de estos productos.

En el presente trabajo el peso promedio de cada envase fue 180 g. Si se repitiera este ensayo sería muy interesante evaluar la composición de la atmósfera dentro de bolsas con un peso medio de cascos mayor, de forma de acercarse más a las condiciones recomendadas por Gorny, citado por Agostinho (2011), ya que al haber más volumen del producto se obtendrían mayores valores de respiración y por lo tanto, menor contenido de O<sub>2</sub> y mayor de CO<sub>2</sub>.

En cascos de Oregon Spur y Granny Smith, con respecto a los envases utilizados, si bien los niveles de CO<sub>2</sub> mostraron un aumento en PP con respecto a PEBD, no lograron alcanzar los valores antes mencionados.

#### 4.2 TASA DE RESPIRACIÓN

De acuerdo con lo presentado en la figura 12, la tasa respiratoria medida en los cascos de la variedad Granny Smith, presentó diferencias según el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del producto MPF.



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 4$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 3, 5 y 6 meses en cada momento de evaluación.

Figura 12. Tasa respiratoria de cascos de Granny Smith a partir de MP conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación

Cuando la MP fue conservada por 3 meses, se observó un aumento en la tasa respiratoria del producto MPF, que alcanzó  $9,37 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  luego de 5 días a  $0^\circ \text{C}$ . Sería interesante poder repetir la medición ya que era esperable que el pico respiratorio se diera en el día cero como reportan en su trabajo Cantwell y Suslow (2007). Estos autores indican que el pico respiratorio y de producción de etileno se da a los pocos minutos de ocasionada la herida del corte, provocando un metabolismo más activo y acelerando el proceso de deterioro de la fruta.

Las materias primas de 5 y 6 meses presentaron un comportamiento en sus tasas de respiración coincidente al reportado por Cantwell y Suslow (2007) en repollo en tiras y por Gubelli (2012) en cascos de manzanas Royal Gala.

La MP conservada por 5 meses, tuvo el pico máximo en el día 1, con  $7,27 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  y fue diferente a los valores obtenidos en los días posteriores, donde se situó entre  $3,15$  y  $4,95 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .



En el caso de MP procedente de 6 meses de conservación, los valores más altos se dieron en el día 1 y 15 con 5,15 y 5,41 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en los días 5, 7 y 10 los valores oscilaron entre 4,06 y 4,66 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

En general, la evolución de la tasa respiratoria en los cascos de Granny Smith elaborados a partir de diferentes MP, es comparable con los resultados obtenidos por Mery (2011) trabajando con peras Packham's Triumph MPF evaluadas por 7 días y almacenadas a 5 °C, quien reporta que la tasa de respiración al día 0 fue de 5,1 mg CO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>estabilizándose entre los días 2 y 4, para luego aumentar al término del periodo alcanzando 6,1 mg CO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

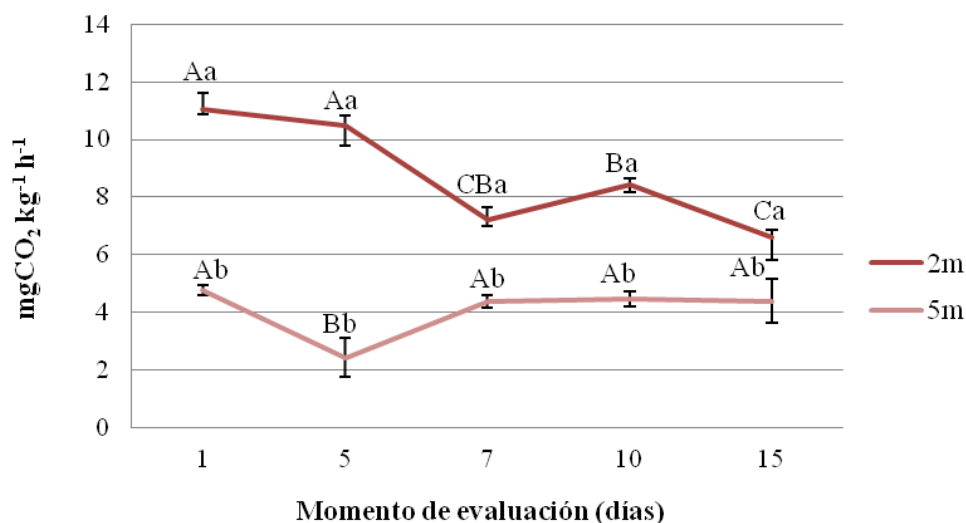
Al comparar los valores medidos en los cascos procedentes de MP conservada por diferente tiempo y en los diferentes momentos de conservación del producto MPF, se encontró que inicialmente los valores de los procedentes de MP de 3 meses fueron similares a los elaborados con MP de 5 meses y a su vez mayores a los registrados en cascos procedentes de MP de 6 meses. A partir de ese momento y hasta los 15 días, la actividad respiratoria de cascos elaborados con MP de 3 meses fue siempre mayor a la de los elaborados con MP de 5 y 6 meses. A partir de los 10 días, la actividad respiratoria de los cascos de MP de 6 meses de conservación superó a la medida en los cascos de MP de 5 meses (figura 12).

Exceptuando el día 1, la MP de menor tiempo de conservación (3 meses), mostró mayor tasa respiratoria que las otras MP. Esto sugiere que tuvo mayor tasa metabólica favoreciendo la degradación de los diferentes compuestos. En contraposición la MP de 6 meses de conservación, por haber estado respirando durante 6 meses seguramente tenga menor cantidad de sustratos necesarios para respirar (carbohidratos, ácidos orgánicos y lípidos). Probablemente por este motivo, parte de valores bajos de tasa respiratoria, y se mantiene sin variaciones de la misma en los distintos momentos evaluados.

Para la variedad Oregon Spur, se observaron diferencias entre la tasa respiratoria de los productos MPF provenientes de MP conservadas por diferentes tiempos (2 y 5 meses) y en los diferentes momentos de evaluación (figura 13). La tasa respiratoria de la MP de 2 meses fue mayor que la de 5 meses de conservación, para todos los momentos evaluados, dando valores promedio de entre 11,06 y 6,59 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> cuando la MP fue conservada por 2 meses, y de entre 4,76 y 2,44 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> en el caso de MP conservada por 5 meses.

La MP de 2 meses de conservación presenta máximos el día 1 y 5, con valores de 11,06 y 10,46 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> respectivamente. Posteriormente descienden hasta valores promedios de 6,6 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> en el día 15. Para MP con 5 meses de conservación, los valores se mantienen en un rango entre 4,4 y 4,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, mostrando diferencias solo en el día 5. La mayor tasa respiratoria en MP de 2 meses

sugiere una mayor tasa metabólica y velocidad de las reacciones bioquímicas favoreciendo la degradación de los diferentes compuestos. En contraposición la MP de 5 meses de conservación, por haber estado respirando durante 5 meses seguramente tenga menor cantidad de sustratos necesarios para respirar (carbohidratos, ácidos orgánicos y lípidos). Probablemente por este motivo presenta valores más bajos de tasa respiratoria y menor variación de esta.



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 4$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 2 y 5 meses en cada momento de evaluación.

Figura 13. Tasa respiratoria de cascos de Oregon Spur a partir de MP conservada por 2 y 5 meses según momento de evaluación

Tanto la MP de 2 como de 5 meses, tienen su pico máximo de tasa respiratoria al inicio de la evaluación de forma coincidente con los resultados de Mery (2011) quien describe los picos máximos de respiración en el día cero en peras Packham's Triumph MPF evaluadas por 7 días y almacenadas a 5 °C. En este sentido Artés et al. (2007) explican que al cortar las frutas se elimina la protección natural que poseen y se destruye la compartimentalización interna que separa las enzimas de los sustratos. El daño ocasiona un alza en la respiración y la emisión de etileno, especialmente en las primeras horas luego del procesado. Por su parte Silveira (2009) indica que el incremento en la tasa respiratoria que se observa en los MPF, se debe al aumento de producción de etileno por parte del tejido dañado, puesto que, el etileno estimula la respiración, principalmente en frutos climatéricos como es el caso de la manzana.

Después del estrés provocado por el procesamiento, en las dos MP se produjo una estabilización de la tasa respiratoria, que según Mery (2011) se atribuye a que el

tejido se adaptó a las nuevas condiciones tanto de almacenamiento, como de estructura física (corte). Esta estabilización tras el corte también ha sido observada por Silveira (2009) en melón.

En las dos variedades estudiadas los valores de tasa respiratoria siempre fueron superiores en MP de menor tiempo de conservación (3 meses en Granny y 2 meses en Oregon) en comparación con la MP de la misma variedad conservada por mayor tiempo. Estas diferencias pueden deberse a distintos grados de avance en el proceso de maduración. Rivas et al. (2008) mencionan que la maduración se caracteriza por un aumento de la respiración, ya que en el proceso ocurre la hidrólisis del almidón acumulado durante el crecimiento a monosacáridos, glucosa y fructosa, que exige una gran cantidad de energía. El aumento en la respiración finalmente disminuye en el transcurso de la senescencia por disminución de los niveles de sustratos necesarios para la respiración.

En las dos variedades estudiadas la evolución de la tasa respiratoria a través de los días fue similar a lo reportado por Gubelli (2012) en su trabajo con cascos de manzanas Royal Gala, tratados con ácido ascórbico, L-cisteína y ácido etilendiaminotetraacético, conservados a 5 °C por 10 días. Sus valores máximos de tasa respiratoria en estos tratamientos estuvieron en el entorno de 15,7 a 20,3 mg CO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, al cabo de 2 y 4 horas después del procesamiento (día 0), con una reducción entre los días 1 y 4 de 18,7 y 7,2 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, para luego mantenerse estable hasta los 10 días.

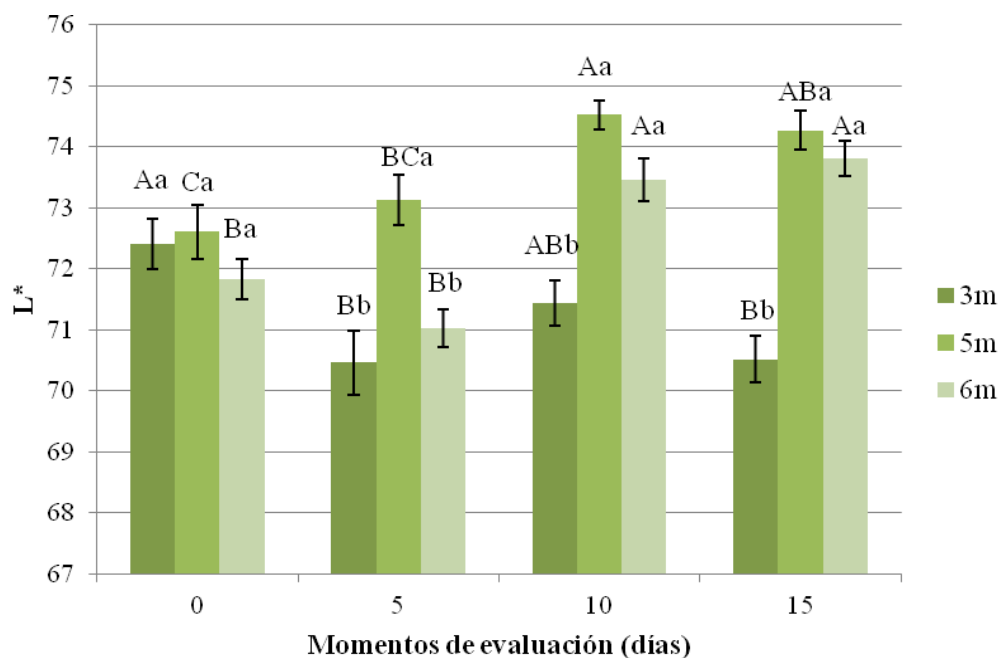
#### 4.3 COLOR DE LA PULPA DE LOS CASCOS

##### 4.3.1 Luminosidad

La luminosidad, fue diferente en cada uno de los tipos de MP utilizados para la elaboración de los cascos de Granny Smith. Cuando se utilizó MP de 3 meses, la luminosidad promedio fue 71,2 con MP de 5 meses fue 73,6 y con MP de 6 meses fue 72,5 (datos no mostrados).

Al inicio del almacenamiento, los cascos procedentes de MP de 3, 5 y 6 meses no se diferenciaron. En el día 5, los cascos procedentes de MP de 5 meses presentaron una luminosidad mayor a la de los cascos de MP de 3 y 6 meses, que no mostraron diferencias entre sí. Finalmente, a los 10 y 15 días los cascos procedentes de MP de 5 y

6 meses tuvieron valores similares de luminosidad y superiores a los medidos en los cascos de MP de 3 meses (figura 14).



Barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 36$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 3, 5 y 6 meses en cada momento de evaluación.

Figura 14. Parámetro  $L^*$  en los cascos de Granny Smith conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación

Con relación a la evolución de la luminosidad con el transcurso de la conservación del producto MPF, cuando se usó MP de 3 meses, hubo una disminución a medida que transcurrieron los días (figura 14). Estos resultados son coincidentes con los reportados por Denoya et al. (2012), Rodríguez et al. (2013).

En el caso del trabajo de Rodríguez et al. (2013) en Granny Smith MPF, observaron que la luminosidad de los cascos evaluados por 7 días a  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pasó de un valor inicial de 76,9 a 75,5 y de 77,6 a 76,02, para los tratamientos antipardeantes de ácido cítrico y ascórbico al 0,5 % ácido con cloruro de calcio al 0,25 % de ácido cítrico y ascórbico al 1,0 % con cloruro de calcio al 0,5 %. Por su parte, Denoya et al. (2012), evaluaron por 16 días a  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  el efecto de 2 tratamientos antipardeantes: ácido ascórbico (2 %) + ácido cítrico (1 %) + EDTA (0,5%) y ácido ascórbico (1 %) + ácido cítrico (0,5 %) + EDTA (0,25%) sobre el pardeamiento en cascos de Granny Smith

MPF. Los resultados obtenidos mostraron una disminución de 92,4 a 88,3 en luminosidad entre el día 0 y 16 de evaluación para ambos tratamientos, que los autores atribuyen al aumento del pardeamiento enzimático.

Por otra parte, la luminosidad aumentó con el transcurso de los días en cascos de Granny Smith procedentes de MP de 5 y 6 meses de conservación, donde los mayores valores se midieron en los días 10 y 15 (figura 14).

El aumento de luminosidad constatado en los cascos de MP de 5 y 6 meses de conservación podría deberse a que, en cada uno de los momentos de análisis, se analizaron muestras diferentes y las diferencias pueden estar vinculadas a la propia variación de la población. Para sortear esta limitante en futuros trabajos de este tipo, sería interesante hacer un seguimiento de los mismos cascos durante todo el tiempo que dure el ensayo.

El tipo de envase no afectó la luminosidad de los cascos de Granny Smith ya que no se encontraron diferencias entre los valores medidos, que fueron de 71,3 y 71,1 respectivamente.

Los valores de luminosidad podrían relacionarse con el proceso de pardeamiento. Silveira (2017) menciona que la velocidad del proceso de pardeamiento es función de la concentración y actividad enzimática, la cantidad y naturaleza de los compuestos fenólicos, pH, temperatura, actividad de agua y cantidad de O<sub>2</sub> disponible. La misma autora indica que los factores intrínsecos vinculados con los ítems anteriores son la especie, variedad y estado fisiológico.

En Oregon Spur, la luminosidad de los cascos se vio afectada por el tiempo de conservación de la MP. En cascos provenientes de MP de 5 meses, la luminosidad fue mayor respecto a la medida en los cascos elaborados a partir de MP de 2 meses, que alcanzó un valor promedio de 68,0 (datos no mostrados). En este caso y en coincidencia con lo que cita Silveira (2017), el estado fisiológico de la fruta estaría influyendo en el proceso de pardeamiento.

La luminosidad en Oregon Spur MPF no varió entre los 0 y 15 días de evaluación, ni en los dos tipos de envase utilizados. En cambio, los MPF de Granny Smith tuvieron un comportamiento diferente a lo largo de su evaluación, pese a que fueron sometidos a las mismas condiciones ambientales. Tales diferencias se explicarían por el factor intrínseco de la variedad antes citado por Silveira (2017).

En esta tesis los cascos de Granny Smith procedentes de MP de 3 meses y los cascos de Oregon Spur procedentes de MP de 2 meses de conservación, fueron más propensos al pardeamiento enzimático, tomando como referencia la luminosidad medida en los mismos.

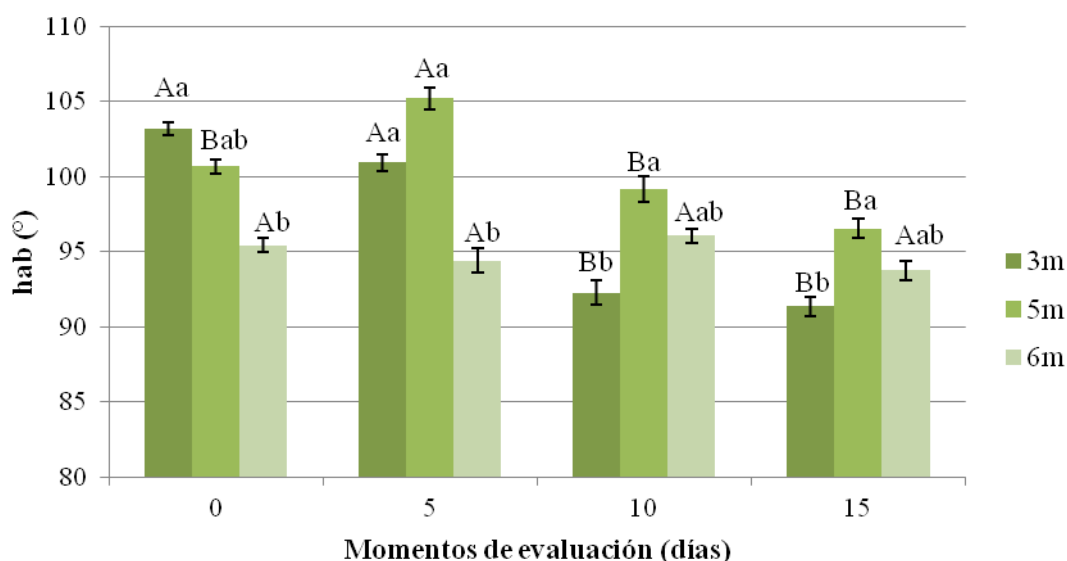
El estrés ocurrido en los tejidos vegetales luego de las operaciones de corte, se relacionó con la ocurrencia de pardeamiento en los productos MPF, debido a que se genera un incremento en la producción de etileno, que tiene efecto sobre la síntesis de las enzimas PPO y PAL, responsables de las reacciones de oxidación (Toivonen y Brummell, 2008).

#### 4.3.2 Tono (ángulo Hue)

La evolución del parámetro Hue en Granny Smith, se muestra en la figura 15, donde se observa que, hasta el día 5, el mayor valor correspondió a los cascos elaborados con MP de 3 meses de conservación, con valores próximos a 100. Sin embargo, a partir de este momento, estos cascos fueron los que presentaron un menor valor, estando en el entorno de 90 °. En términos cualitativos estos rangos de Hue van desde un tono verde-amarillo a amarillo. Resultados con tendencias similares, fueron reportados por Rodríguez et al. (2013) en Granny Smith MPF, donde el tono pasó de 97,3 ° al día cero hasta 94,2 ° en el día 10.

Para la misma variedad, cuando los cascos fueron elaborados con MP de 6 meses, se observó que, a diferencia de lo que ocurrió con los cascos procedentes de MP de 3 y 5 meses, el color se mantuvo sin variaciones durante los 15 días de conservación de los cascos. Pardilla et al. (s.f.) en manzanas Golden Delicious MPF, mencionan que, durante los primeros 7 días de conservación el tono no presentó variaciones, con valores cercanos a 98 °hue. Por otra parte, Mery (2011) encontró que en pera Packham's Triumph MPF conservada a 1,5 °C durante 6 días, el tono se mantuvo estable en el tiempo. Este comportamiento se lo atribuyó al efecto positivo de la combinación del antipardeante y el envasado en AM.

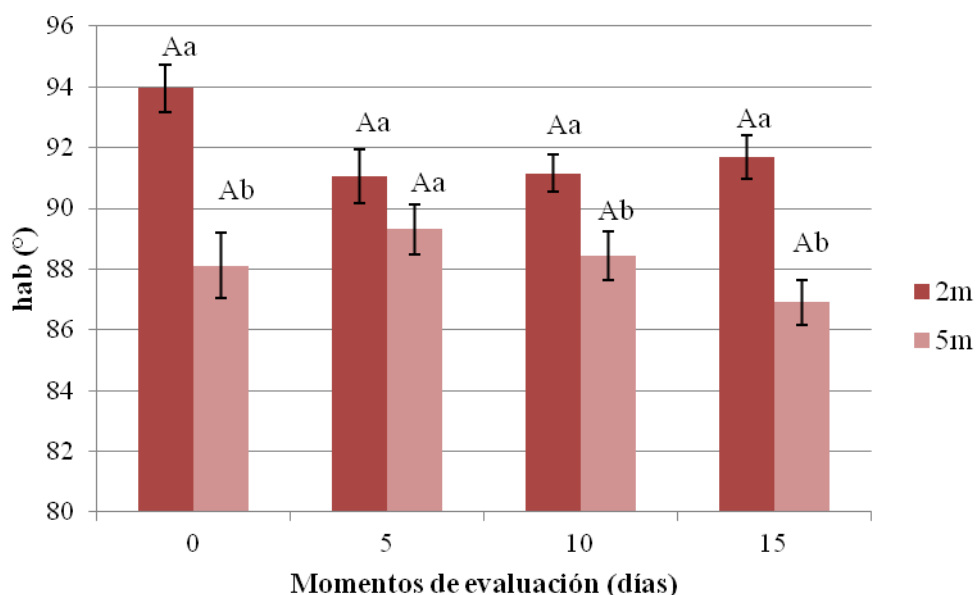
Con relación al efecto del tipo de envases utilizado, en los cascos procedentes de MP de 3, 5 y 6 meses de conservación, no se encontraron diferencias, con valores de 96,6 °hue en PP y 97,8 en PEBD (datos no mostrados).



Barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 36$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 3, 5 y 6 meses en cada momento de evaluación.

Figura 15. Parámetro Hue en cascos de Granny Smith MP de 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación

En la variedad Oregon Spur, se encontraron diferencias entre el tono de los cascos procedentes de MP de 2 y 5 meses de conservación, donde los provenientes de MP de 2 meses presentaron un mayor valor en casi todos los momentos de evaluación excepto en el día 5 donde no difirieron (figura 16). En cuanto a la evolución en el tiempo, en ninguno de los dos casos se encontraron diferencias entre los valores medidos al inicio y luego de 15 días de conservación a 0°C.



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 36$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de la MP, minúsculas comparan 2 y 5 meses en cada momento de evaluación.

Figura 16. Parámetro Hue en cascos de Oregon Spur MP de 2 y 5 meses según momento de evaluación

Según Gorny et al., citados por Mery (2011) el tono se utiliza como indicador de pardeamiento y la disminución de sus valores se asocia a la presencia de pardeamiento. Por lo tanto, se puede decir que los cascos elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación tuvieron mayor predisposición al pardeamiento ya que partieron de valores menores de Hue (tono amarillo - anaranjado) desde el día cero de evaluación. Como ya fue mencionado, el pardeamiento en los tejidos que ocurre luego de las operaciones de corte es en general producto de las reacciones de oxidación de la enzima PPO (Soliva et al., 2004).

#### 4.3.3 Saturación (Chroma)

En los cascos de Granny Smith, la saturación de color no se vio afectada por el tiempo de conservación de la MP utilizada para su elaboración, ni por el tiempo de conservación del producto MPF, así como tampoco por el tipo de envase utilizado. Los valores medidos estuvieron en torno a 11 (datos no mostrados).



En cascos de Oregon Spur se registraron diferentes valores de Chroma, según el tiempo de conservación de la MP utilizada. Los cascos elaborados a partir de MP de 5 meses de conservación, presentaron valores mayores de Chroma 22,1, respecto a MP de 2 meses 18,5 (datos no mostrados). Estos valores estarían indicando que los cascos elaborados con MP de mayor conservación, presentaron una coloración más intensa.

Los valores de luminosidad, Hue y Chroma son parámetros utilizados para medir el grado de pardeamiento de los productos MPF. Una baja en los valores de luminosidad, Hue y aumento de Chroma implicarían aumento del pardeamiento. En esta tesis los cascos de Granny Smith procesados a partir de MP de 3 meses presentaron una clara disminución de luminosidad y Hue entre el inicio y los 15 días, pero la intensidad del color no se vio modificada por ninguna de las variables en estudio. En los cascos de Oregon Spur, solo hubo efecto del origen de la MP. En cascos elaborados con MP de 5 meses, la luminosidad fue mayor en todos los casos, pero el tono y la saturación de los cascos elaborados con MP de 2 meses mostraron valores mayores que la de 5 meses.

Los resultados de este trabajo, referidos a como evolucionó la calidad del color de los cascos de las manzanas, podrían estar explicados por el antipardeante utilizado, su concentración, la temperatura de conservación de los cascos (0 °C) y los envases utilizados. Estos últimos dos factores mostraron un efecto positivo en la calidad del color de los cascos.

#### 4.4 FIRMEZA DE LA PULPA

Los valores de firmeza de los cascos de Granny Smith, mostraron diferencias según el tiempo de conservación de la MP utilizada. Se constató que los valores más altos se correspondieron a los elaborados con MP de 3 meses de conservación, con valores promedios de 5,69 N, seguidos por los de 5 meses con valores de 4,61 N y de 6 meses con valores de 3,73 N (datos no mostrados). Este comportamiento de mayores firmezas cuanto menor es el tiempo de conservación de la MP, es coincidente con lo reportado por Koyuncu et al. (2010), en manzanas Granny Smith MPF. En este caso, los cascos provenientes de MP de cosecha tuvieron valores mayores de firmeza (15,5 N), respecto a los elaborados a partir de MP de 6 meses de conservación (12,3 N), durante los 14 días de evaluación.

Al analizar la evolución de la firmeza de los cascos de Granny Smith, no se encontraron diferencias entre los valores medidos al inicio y luego de 15 días de conservación a 0 °C, siendo el valor promedio de 4,68 N (datos no mostrados). Rodríguez et al. (2013) reportan en la misma variedad, un comportamiento similar, donde la firmeza de los cascos evaluados después de 7 días a 1,5 °C no varió. Los

valores encontrados por estos autores, estuvieron entre 61,9 y 64,2 N, para los tres tratamientos evaluados: agua (T1); solución acuosa de 0,5 % ácido cítrico + 0,5 % ácido ascórbico + 0,25 % cloruro de calcio (T2) y solución acuosa de 1,0 % ácido cítrico + 1,0 % ácido ascórbico + 0,5 % cloruro de calcio (T3).

En Granny Smith, la firmeza de los cascos no fue afectada por el tipo de envase, siendo los valores promedio de 4,64 y 4,7 N para PP y PEBD respectivamente (datos no mostrados).

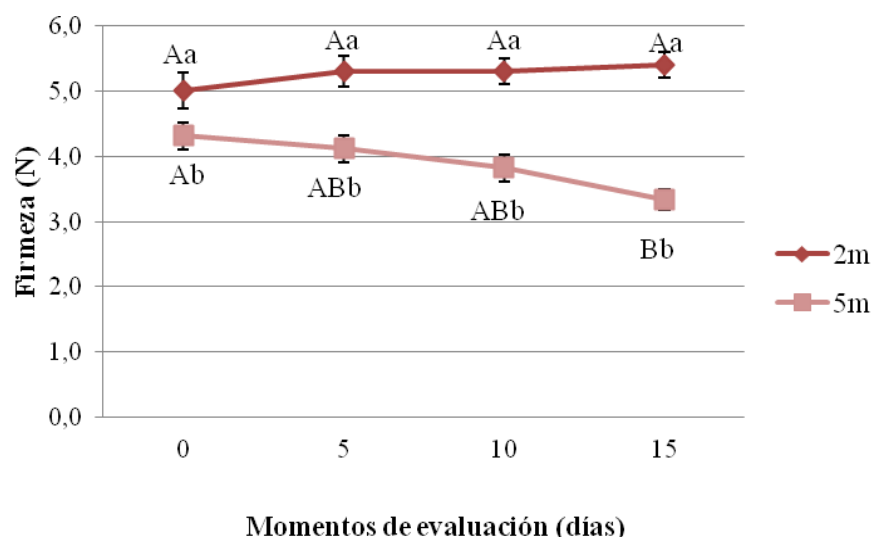
En Oregon Spur, el comportamiento de los cascos fue diferente según provenían de MP conservada por 2 o por 5 meses. En el caso de los elaborados con MP de 2 meses, la firmeza de la pulpa se mantuvo durante los 15 días que duró el ensayo, con un valor promedio de 5 N. Los elaborados con MP conservada por 5 meses presentaron en todos los momentos de evaluación, una firmeza inferior y en cuanto a su evolución en el tiempo, luego de 15 días a 0 °C, se observó una reducción del 23 % (figura 17).

Los cascos de Oregon Spur, procedentes de MP almacenada durante 2 meses, mantuvieron los valores de firmeza entre 5 y 5,3 N durante los 15 días que duró la conservación del producto MPF.

La estabilidad en la firmeza, observada tanto en cascos de Oregon Spur procedentes de MP de 2 meses de conservación como en los cascos de Granny Smith, está en concordancia con ensayos realizados por Gubelli (2012) en manzanas Gala MPF. Según este autor, durante 10 días de almacenamiento a 5 °C, observó una estabilidad de la firmeza, para cada uno de los tratamientos con antipardeantes (57 a 59 N) y sin aplicación de soluciones antipardeantes (61 a 63 N). La estabilidad de la firmeza en el transcurso de los días podría explicarse por el potencial de conservación y el metabolismo de cada variedad (Silveira 2009, Mery 2011). Por el contrario, los cascos de Oregon Spur provenientes de MP de 5 meses, disminuyeron su firmeza en el transcurso de los días, ya que se encontraban en el límite de su potencial de conservación en atmósfera regular.

La reducción de la firmeza a medida que transcurre el tiempo de conservación concuerda con el comportamiento obtenido en manzana Fuji MPF, almacenada por 21 días a 4 °C por Alandes et al. (2011), quienes mencionan que a medida que transcurrieron los días de evaluación, los cascos del tratamiento testigo (sin lactato cálcico) pasaron de 9,2 N a 6,5 N a los 21 días.

La reducción de firmeza observada podría deberse a la pérdida de integridad de la membrana puesto que, las alteraciones de la pared celular a nivel de la membrana y la laminilla media, generan una disminución de la firmeza, la cual suele incrementarse por acción del etileno como respuesta al corte (Toivenen y Brummell, 2008).



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 36$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes días de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 2 y 5 meses en cada momento de evaluación.

Figura 17. Firmeza de los cascos de la variedad Oregon Spur, procedentes de MP conservada por 2 y 5 meses según momento de evaluación

Para las dos variedades de manzana evaluadas, el tiempo de conservación de la MP, al momento del procesamiento afectó la firmeza del producto MPF. Soliva et al. (2004) evaluaron durante 14 días, la firmeza de peras Conference MPF con diferentes estados de madurez de la MP al momento del procesamiento y conservadas a 4 °C. Los resultados de su trabajo indicaron que las elaboradas con pera parcialmente madura (44 N), fueron las más adecuadas para el procesamiento. Éstas presentaron durante los 21 días de evaluación, menor pérdida de firmeza y pardeamiento a diferencia de los cascos procedentes de MP de madurez avanzada (31 N). Por su parte Bai et al. (2009) en peras Anjou también evaluaron el efecto del estado de madurez en la calidad de peras cortadas, demostrando que cascos procesados a partir de MP almacenada por 1-2 meses, tuvieron una firmeza estable de 6 N durante los 21 días de evaluación a 1 °C, mientras que en cascos procedentes de MP de 4-5 meses, la firmeza disminuyó de 6 a 4 N.

En las condiciones del presente estudio (conservación de MP a 0 °C y 95 % de HR), la conservación de la MP de Oregon Spur durante 5 meses, favoreció la reducción de la firmeza de la pulpa de los cascos durante los 15 días a 0 °C. Este efecto se observó para los dos tipos de envases evaluados (PP y PEBD). Por tal motivo, a la hora de elaborar los productos MPF, es importante tener en cuenta el tiempo de conservación previa de la MP a utilizar, ya que la pérdida de firmeza constituye una limitante para la vida útil de los cascos.

#### 4.5 PÉRDIDA DE PESO

En manzana Granny Smith no se encontraron variaciones en la pérdida de peso asociadas con los diferentes tiempos de conservación de la MP ni con el tipo de envase utilizado. Los cascos conservados en PP mostraron en promedio 0,69 % de pérdida de peso utilizando MP de 3 meses; 0,17 % con MP de 5 meses y 0 % con MP de 6 meses de conservación. Cuando se utilizó el envase de PEBD, existió un 0,35 % de pérdida de peso en los cascos procedentes de MP de 3 meses; 0,24 % con MP de 5 meses y 0,35 % en cascos procedentes de MP de 6 meses (datos no mostrados). A lo largo de los 15 días de evaluación, los cascos de Granny Smith no mostraron diferencias en lo que a pérdida de peso se refiere.

Para la variedad Oregon Spur, la pérdida de peso, al igual que en Granny Smith presentó muy poca variación respecto a la conservación de la MP, los momentos de evaluación y el tipo de envase utilizado. Al comparar los envases entre sí, se encontró que el producto conservado en PP mostró en promedio 0,12 % y 0,13 % de pérdida de peso cuando se elaboró a partir de MP de 2 y 5 meses de conservación respectivamente. Cuando se utilizó el envase de PEBD, existió un 0,28 % de pérdida de peso en cascos procedentes de MP de 2 meses y 0,35 % en los cascos que se elaboraron con de MP de 5 meses. Para la misma variedad, al analizar los cascos conservados a 0 °C por 15 días, no se encontraron diferencias entre el inicio y el final de la evaluación. En este sentido Vargas et al. (2010) mencionan que los tipos de envase utilizados y el equilibrio en las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, pueden contribuir a mantener el peso de los cascos de manzana en los diferentes momentos de evaluación.

Para las dos variedades en estudio, los resultados obtenidos son similares a los reportados por Pardilla et al. (s.f.) en manzana Golden Delicious MPF conservada durante 14 días a 4 °C, que tuvieron una pérdida de peso del 0,4 %. Además, Vargas et al. (2010) en trabajos realizados en Pitahaya MPF, envasados en PP y PEBD, evaluados por 28 días a 4 °C, reportaron una pérdida de peso de 0,39 a 0,42 % entre los 14 y 28 días de evaluación.

Los porcentajes de pérdida de peso obtenidos en este trabajo se podrían deber a los niveles de humedad relativa dentro de los envases, las condiciones de conservación del producto MPF y a las características de permeabilidad de los envases plásticos utilizados. Según el trabajo de Watada y Qi (1999) los niveles de humedad relativa dentro de los envases tienden a ser altos (95 %), por lo que la pérdida de peso asociada a la deshidratación no sería un problema en los productos MPF.

Gorny et al. (2000) encontraron que a partir de 8 % de pérdida de peso promedio empiezan a observarse efectos negativos sobre la calidad final del producto MPF. En este trabajo para todos los ensayos, los porcentajes de pérdida de peso no

superan el 8 %, por lo que es posible concluir que la pérdida de peso no sería una limitante importante en la vida útil de los cascos.

## 4.6 CRECIMIENTO MICROBIANO

### 4.6.1 Hongos

Los valores de los recuentos de hongos, en cascos de Granny Smith y Oregon Spur no evidenciaron variaciones durante la conservación (15 días a 0 °C) del producto elaborado a partir de MP de diferentes tiempos de conservación. Tampoco se registraron diferencias en los envases utilizados (PP y PEBD). A partir de los resultados obtenidos se podría mencionar que, el tiempo de conservación de la MP no influyó sobre el recuento de hongos, ya que en todos los ensayos el crecimiento fue menor a 1 log UFC g<sup>-1</sup>. Los resultados coinciden con lo reportado por García (2008), quien evaluó melón y ananá MPF tratados con cloruro de calcio al 6 % y ácido láctico al 1%, durante 8 días de conservación a 5 °C, y encontró que el crecimiento de microorganismos mesófilos, hongos y levaduras se vio inhibido durante el periodo que duró el ensayo.

El reducido crecimiento de hongos constatado en estos ensayos, permite decir que, en las condiciones en las que se hizo el trabajo, los hongos no representarían una limitante para la vida útil del producto MPF. Esto podría estar vinculado a la baja carga en la materia prima, las características de la misma, en especial en lo que a acidez se refiere, y/o a la eficiencia de la desinfección aplicada. Este último punto, vinculado tanto a la concentración del NaOCl utilizado (1,5 mL/L) como al tiempo de exposición (2 min). Otro de los factores que podría estar contribuyendo, es la baja temperatura empleada durante el procesamiento (6 - 8 °C) y almacenamiento del producto MPF (0 °C).

### 4.6.2 Mesófilos

En Granny Smith MPF, el crecimiento de mesófilos fue mayor en MP de 6 meses en relación con la de 3 y 5 meses de conservación. En las MP de 3 y 5 meses el crecimiento fue menor a 1 log UFC g<sup>-1</sup> en todos los días de evaluación, tanto en envases de PP como de PEBD. Sin embargo, en cascos procedentes de MP de 6 meses, hubo crecimiento constante durante los 15 días de evaluación y en promedio fue 1,7 log UFC

$g^{-1}$  (datos no mostrados). En Granny Smith MPF, al analizar por separado cada una de las MP utilizadas, se observó que el crecimiento de mesófilos no varió en los diferentes momentos evaluados ni en función del tipo de envase PP o PEBD (datos no mostrados).

Con respecto a los cascos de Oregon Spur, como puede observarse en el cuadro 6, cuando se utilizó MP conservada por 2 meses para la elaboración de los cascos, el máximo crecimiento se observó a los 10 y 15 días de evaluación, con valores promedio de  $2,5 \log \text{ UFC } g^{-1}$ . Cuando se utilizó MP conservada por 5 meses, los recuentos fueron menores a  $1 \log \text{ UFC } g^{-1}$  en todos los momentos de evaluación. Comparando los momentos de evaluación, a los 0 y 5 días las MP conservadas por 2 y 5 meses no fueron diferentes, mientras que, a los 10 y 15 días de evaluación, la MP conservada por 2 meses mostró un crecimiento mayor que MP de 5 meses.

Cuando se analizó el crecimiento microbiano, considerando solo el tipo de material de envase utilizado, tampoco se encontraron diferencias entre el crecimiento medido en PP y PEBD (datos no mostrados).

Cuadro 6. Cantidad de mesófilos ( $\log \text{ UFC } g^{-1}$ ) en MP conservada por 2 y 5 meses en diferentes momentos de evaluación en los cascos de Oregon Spur

| Momento de evaluación (días) | MP conservada por 2 meses | MP conservada por 5 meses |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0                            | <1 Ba                     | <1 Aa                     |
| 5                            | <1 Ba                     | <1 Aa                     |
| 10                           | $1,5 \pm 0,21$ Aa         | <1 Ab                     |
| 15                           | $2,5 \pm 0,37$ Aa         | <1 Ab                     |

Los valores corresponden a medias ( $n = 12$ )  $\pm$  error estándar de la media. Medias con letras distintas, mayúsculas para columnas y minúsculas para filas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey a una  $p \leq 0,05$ .

Los resultados del recuento de aerobios mesófilos obtenidos en esta tesis tienen un comportamiento similar, aunque muestran valores inferiores a los reportados por Alandes et al. (2011) en ensayos con manzanas Fuji MPF almacenadas a  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ellos encontraron un aumento gradual con el transcurso de las semanas llegando a valores de  $3,1$  y  $5 \log \text{ UFC } g^{-1}$  a los 14 días. A su vez, Gubeli (2012) en manzana Royal Gala MPF, reportó comportamiento y valores muy similares a los de este trabajo, ya que obtuvo en el día 0 valores menores a  $1 \log \text{ UFC } g^{-1}$ , mientras que a los días 5 y 10, los valores estuvieron entre  $2,12$  y  $2,65 \log \text{ UFC } g^{-1}$  respectivamente.

Los recuentos de aerobios mesófilos de este trabajo, tanto para Granny Smith como para Oregon Spur a lo largo de los momentos evaluados, presentaron valores bajos, en relación con el límite de  $4 - 7 \log \text{ UFC } g^{-1}$ , que reportan Sharma y Rao (2015). Los autores mencionan que a partir de este rango de crecimiento comienzan a producirse

cambios en la calidad sensorial de los productos MPF resultando en un rechazo por parte de los consumidores.

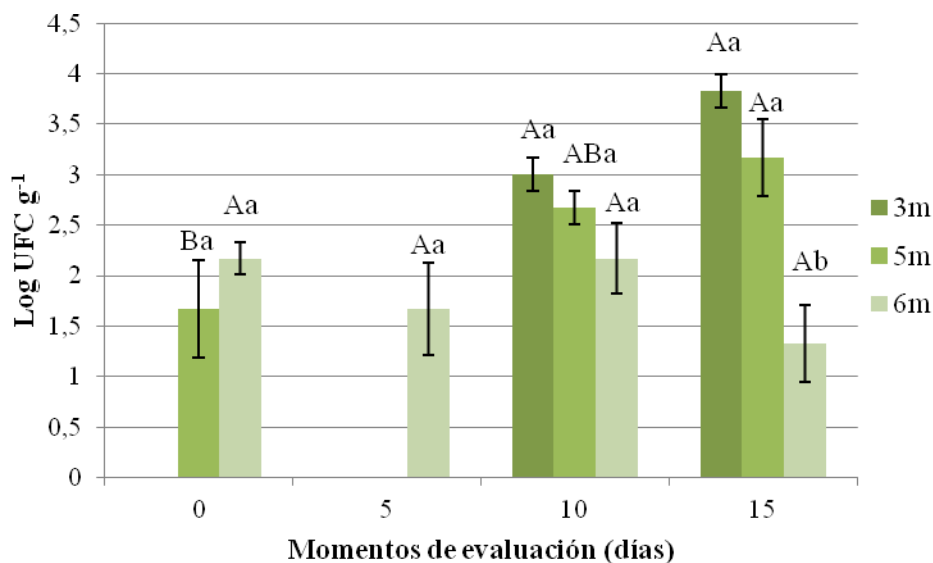
Según autores como Gil et al. (2009), García y Barrett, citados por Valenzuela (2012) los valores de microorganismos en los MPF se ven afectados por la temperatura de conservación, las características de la superficie del producto, la fisiología de los microorganismos, el tiempo de exposición y la concentración del desinfectante utilizado, el pH y la temperatura de lavado.

Los bajos valores de mesófilos registrados en esta tesis pueden estar explicados por los mismos factores que para el caso de los hongos, que se mencionaron previamente.

#### 4.6.3 Psicrófilos

En los cascos de manzana Granny Smith, los recuentos de psicrófilos procedentes de MP almacenada por diferentes tiempos no fueron afectados por el tipo de envase utilizado para el producto MPF, siendo que no se registraron diferencias entre los recuentos de uno y otro. Como puede observarse en la figura 18, cuando se utilizó MP de 3 y 5 meses, el máximo crecimiento se observó a los 10 y 15 días de evaluación, con valores de entre 3 y 4 log UFC g<sup>-1</sup>, diferenciándose de los recuentos obtenidos a los 0 y 5 días. Lo más notorio fue el hecho de que los recuentos de los cascos procedentes de MP de 6 meses, mantuvieron un crecimiento bajo (entre 1 y 2 log UFC g<sup>-1</sup>) y estable durante los 15 días que duró el ensayo.

Al comparar la influencia del tiempo de conservación de la MP sobre el crecimiento de los psicrófilos, los recuentos al inicio (día 0), fueron menores en los cascos procedentes de MP de 3 meses, con un valor menor a 1 log UFC g<sup>-1</sup>, con relación al de los cascos elaborados con MP de 5 y 6 meses donde los recuentos estuvieron en torno a las 2 log UFC g<sup>-1</sup>. A los 5 días de evaluación, solo hubo recuentos en los cascos de MP de 6 meses. Para los cascos evaluados a los 10 días, no existieron diferencias entre el tiempo de conservación de MP. Y a los 15 días, se observaron las mayores diferencias donde los máximos valores se registraron a los 3 y 5 meses (3 y 4 log UFC g<sup>-1</sup> respectivamente).

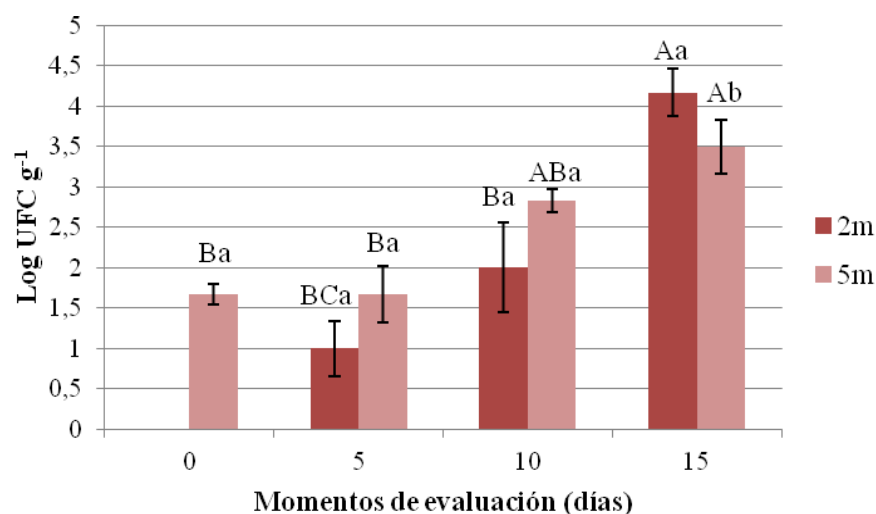


Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 6$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 3, 5 y 6 meses en cada momento de evaluación.

Figura 18. Psicrófilos ( $\log \text{UFC g}^{-1}$ ) en cascos de Granny Smith para MP conservada por 3, 5 y 6 meses según momento de evaluación

También en el caso de la variedad Oregon Spur no hubo diferencias en el crecimiento microbiano contabilizado en envases de PP o PEBD. En PP el valor promedio fue de  $2,1 \log \text{UFC g}^{-1}$ , mientras que para PEBD, el promedio fue de  $2,2 \log \text{UFC g}^{-1}$  (datos no mostrados). Al comparar el tiempo de conservación de la MP utilizada en la elaboración del producto MPF, los cascos procedentes de MP de 5 meses presentaron valores promedios superiores a los cascos procedentes de MP de 2 meses,  $2,4 \log \text{UFC g}^{-1}$  y  $1,8 \log \text{UFC g}^{-1}$  respectivamente (datos no mostrados). El crecimiento de los psicrófilos según los momentos de evaluación del producto MPF, se presenta en la figura 19. Los cascos procedentes de MP de 2 meses, tuvieron un crecimiento gradual en el tiempo, alcanzando a los 15 días  $4,17 \log \text{UFC g}^{-1}$ . En los cascos procedentes de MP de 5 meses, los máximos valores se observaron tanto a los 10 como 15 días, sin diferencias entre ellos.





Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 6$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 2 y 5 meses en cada momento de evaluación.

Figura 19. Psicrófilos ( $\log \text{UFC g}^{-1}$ ) en cascos de Oregon Spur para MP conservada por 2, y 5 meses según momento de evaluación

En el recuento de los microorganismos psicrófilos se observó un comportamiento similar en las dos variedades evaluadas con relación a la evolución en el tiempo, con un incremento a medida que avanzaron los días. Estos resultados son coincidentes con los reportados en manzana Royal Gala MPF por Gubeli (2012), donde se observó en el día 0 valores menores  $1 \log \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ , mientras que para los días 5 y 10 hubo un leve aumento de entre  $2,32$  y  $2,92 \log \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ .

La tendencia al incremento con el transcurso del tiempo de conservación también es coincidente con el reportado por Neira (2014), quien evaluó la calidad de manzanas Cripps Pink MPF almacenadas a  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ . En el día 1 del ensayo el recuento de psicrófilos fue de  $3,3$  y  $3,9 \log \text{UFC g}^{-1}$  y a los 10 días ascendió a  $5 \log \text{UFC g}^{-1}$ . Estos valores son superiores a los observados en el presente ensayo, ya que en el día 15 en los cascos de Granny Smith el recuento promedio fue de  $2,8 \log \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$  y en Oregon Spur de  $3,8 \log \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ . Estas diferencias podrían estar explicadas por la menor temperatura de conservación ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) utilizada en este trabajo con respecto a los  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  descritos en Neira (2014).

#### 4.6.4 Enterobacteriaceae

Todos los cascos de Granny Smith evaluados en el ensayo (proveniente de MP con diferentes tiempos de conservación y envasado con diferentes tipos de materiales) registraron crecimientos menores a 1 UFC g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

Los recuentos de *Enterobacteriaceae*, correspondientes a los cascos de Oregon Spur, tampoco mostraron variaciones en el tiempo de evaluación tanto cuando fueron elaborados con MP de 2 como de 5 meses de conservación. Tampoco se registraron diferencias entre el tipo de envase utilizado (PP y PEBD).

Tanto para los cascos de Granny Smith como en los de Oregon Spur, solamente se contabilizaron *Enterobacteriaceae* a los 10 días, con valores menores a 1 log UFC g<sup>-1</sup> (datos no mostrados). Los bajos recuentos de *Enterobacteriaceae* pueden ser explicados por las bajas temperaturas de conservación 0 °C y la acidez que poseen las manzanas. Según Abadías et al. (2008), el rango de pH de las manzanas ronda entre 2,9 - 4,5, siendo más ácidas que las hortalizas cuyo pH oscila entre 5 - 7,5. Estos autores mencionan que la acidez de la fruta y la combinación con la baja temperatura durante el almacenamiento, tienden a inhibir el crecimiento de las *Enterobacteriaceae*.

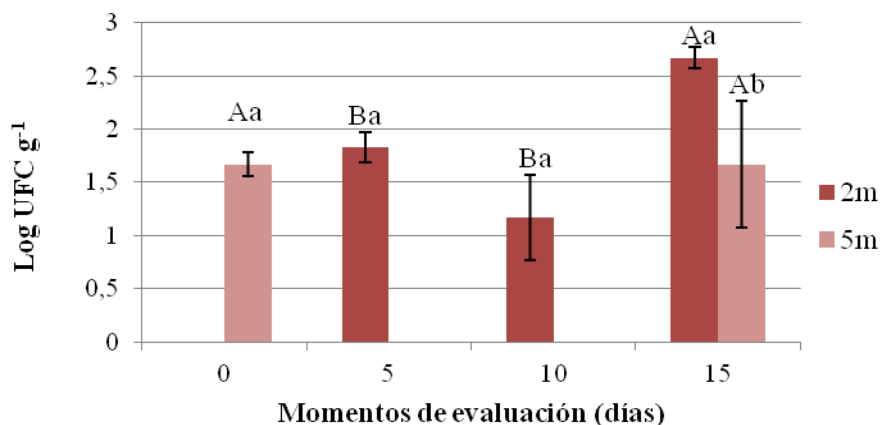
#### 4.6.5 Levaduras

En la variedad Granny Smith, no se encontraron diferencias entre los recuentos de levaduras medidos en cascos procedentes de MP con diferente tiempo de conservación. Tampoco el crecimiento se vio afectado por el tipo de envase utilizado (PP y PEBD), registrando valores promedio inferiores a 1 log UFC g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

Los cascos elaborados con MP de 3 y 5 meses de conservación a 0 °C, en el día 0, 5 y 10 mostraron crecimientos de levaduras menores de 1 log UFC g<sup>-1</sup>. El máximo crecimiento se observó a los 15 días y fue de 1,5 log UFC g<sup>-1</sup> en cascos procedentes de MP de 3 meses y de 1,8 log UFC g<sup>-1</sup> para los de MP de 5 meses. Cuando se empleó MP conservada por 6 meses, el crecimiento de estos microorganismos fue menor a 1 log UFC g<sup>-1</sup> en todos los días de evaluación (datos no mostrados).

En los cascos de la variedad Oregon Spur, para los cascos provenientes de MP de 2 meses, el máximo crecimiento se observó a los 15 días. En el caso de los cascos provenientes de MP de 5 meses, hubo crecimiento de levaduras solo en los días 0 y 15

de evaluación, mientras que a los 5 y 10 días el crecimiento fue menor a 1 log UFC g<sup>-1</sup> como se ve en la figura 20, que se presenta a continuación.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n = 6). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tiempo de conservación de MP, minúsculas comparan 2 y 5 meses en cada momento de evaluación.

Figura 20. Levaduras (log UFC g<sup>-1</sup>) en cascos de Oregon Spur, MP conservada por 2 y 5 meses según momento de evaluación

Tal como se muestra en la figura 20, en el día 0 para cascos provenientes de MP de 5 meses de conservación, se contabilizaron 1,67 log UFC g<sup>-1</sup>, mientras que para los de MP de 2 meses no hubo recuentos. Al día 5 de evaluación, los cascos procedentes de MP de 2 meses de conservación tuvieron un crecimiento de 1,8 log UFC g<sup>-1</sup>, siendo un valor superior al de los cascos de MP de 5 meses donde no hubo crecimiento. Para el día 10 de evaluación, no hubo diferencias entre los cascos procedentes de MP de 2 y 5 meses. Y al día 15, los valores fueron de 2,67 y 1,67 log UFC g<sup>-1</sup> en los cascos procedentes de MP de 5 y 2 meses respectivamente.

En ambas variedades estudiadas, al final del período de evaluación se observó un aumento en el crecimiento de levaduras. Pardilla et al. (s.f.) reportan la misma tendencia en manzanas Golden Delicious MPF, donde hubo un aumento en los niveles de levaduras en el periodo de evaluación, desde el día 0 con 1,2 log UFC g<sup>-1</sup>, hasta el día 14 con 4 log UFC g<sup>-1</sup>. Gubelli (2012) en cascos de manzanas Royal Gala, tratados con ácido ascórbico, L-cisteína y ácido etilendiaminotetraacético, conservados a 5 °C por 10 días, observó nulo crecimiento de levaduras en los días 0 y 5 de evaluación, mientras que al día 10 los valores fueron de entre <1 y 1,49 log UFC g<sup>-1</sup>.

Los valores de levaduras en esta tesis para las 2 variedades de manzanas analizadas son bajos, en relación con el límite establecido en el trabajo de Sharma y Rao (2015) para el recuento de hongos y levaduras cuyo valor es de 5 log UFC g<sup>-1</sup>.

En Uruguay, no existe una legislación específica que indique niveles máximos tolerados de crecimiento de microorganismos en los vegetales MPF. Sin embargo, si se considera la legislación de otros países, se puede decir que los recuentos de hongos, mesófilos, psicrófilos, *Enterobacteriaceae* y levaduras en este trabajo mantuvieron un bajo crecimiento. Los máximos valores que se obtuvieron no superaron las 4 log UFC g<sup>-1</sup>, que es el nivel de tolerancia establecido en las directrices microbiológicas para vegetales MPF del trabajo de Ragaert et al. (2011).

#### 4.7 CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)

En cascos de Granny Smith procedentes de MP conservada por 3 meses se registraron los mayores valores de SST (14,1 %), respecto a MP de 5 y 6 meses que dieron valores de 13,1 y 12,8 % respectivamente (datos no mostrados). Esto indica que ocurrió una disminución en función del tiempo de conservación de la MP utilizada en el ensayo, lo que podría explicarse porque los frutos con mayor tiempo de conservación, tienen una mayor actividad metabólica. Esta correlación entre el consumo de azúcares y mayor actividad metabólica ha sido descrita por diversos autores, entre los que se encuentran Cantwell y Suslow (2007), Hernández et al. (2007), Aguayo et al., citados por Mery (2011), quienes hallaron que la reducción de los SST se debería al estrés sufrido por los tejidos luego del corte de la fruta, acelerando la tasa respiratoria.

El contenido de SST de los cascos de Granny Smith no presentó variaciones en los diferentes momentos de evaluación, con valores promedio de 13 %. Considerando los tipos de envases utilizados, PP y PEBD no presentaron diferencias, con valores promedio de 13,55 y 13,17 % de SST en PP y PEBD respectivamente (datos no mostrados).

En cascos de Oregon Spur al analizar individualmente los diferentes momentos de evaluación, el tipo de envase y los meses de conservación de la MP, el contenido de SST no presentó variaciones con valores promedio de 13,8 % (datos no mostrados). Por otra parte, al considerar el tipo de envase en forma conjunta con el origen de la MP, se encontró que el contenido de SST en los cascos elaborados a partir de MP conservadas por 2 meses, cuando fueron envasados en PP presentaron significativamente menor valor de SST, 12,6 %, que los envasados en PEBD, 13,5 % (datos no mostrados). Los cascos elaborados a partir de MP de 5 meses mostraron valores similares de SST dentro de envases tanto de PP como PEBD, 12,9 y 12,5 % respectivamente (datos no mostrados).

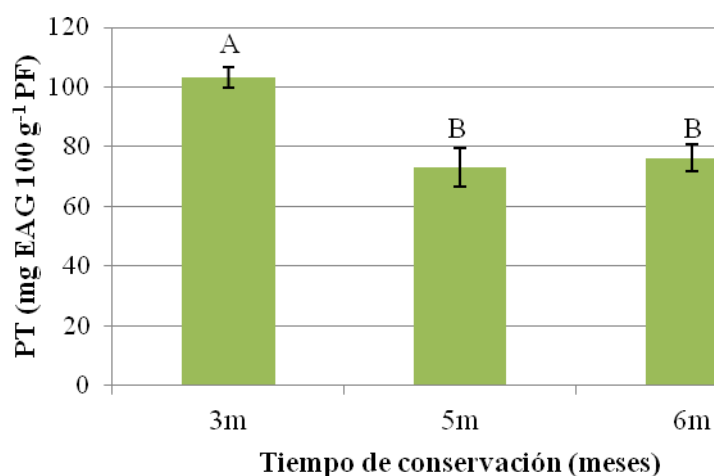
Para Oregon Spur y Granny Smith MPF hubiera sido esperable que las MP con mayor tiempo de conservación registraran mayores valores de SST en comparación con las de menor tiempo, debido principalmente a la descomposición de compuestos de alto peso molecular como el almidón y la hemicelulosa en compuestos de bajo peso molecular como los azúcares simples, propio de los frutos climatéricos. Sin embargo, en manzanas Oregon Spur y Granny Smith MPF, el contenido de SST no varió de forma marcada durante los 0 y 15 días de evaluación. Siendo coincidente con lo reportado por otros autores como Pereyra (2011), Neira (2014). Pereyra (2011) en manzanas Fuji y Granny Smith MPF, envasadas en atmósfera modificada activa encontró que el contenido de SST se mantuvo constante en ambas variedades durante los 11 días de evaluación, con valores de  $11 \pm 0,3$  en Fuji y  $10,8 \pm 0,3$  en Granny Smith. Neira (2014) también reportó un comportamiento similar cuando evaluó la calidad de manzanas Cripps Pink MPF almacenadas a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 10 días. Durante el periodo de almacenamiento no observó diferencias en el contenido de SST, que se mantuvieron en valores entre 12 y 13 % durante todo el ensayo.

Si bien los SST se componen de azúcares donde el que predomina en las manzanas es la fructosa, una disminución en los mismos podría deberse al consumo de la fructosa como sustrato en los procesos metabólicos. En cambio, no se observó una disminución significativa en la cantidad de SST, probablemente por el hecho de que, como indican Hernández et al. (2007), los ácidos orgánicos, las sustancias pépticas y otros azúcares, también contribuyen al contenido de sólidos solubles.

#### 4.8 POLIFENOLES TOTALES (PT)

En los cascos de Granny Smith, la cantidad de PT se vio afectada por los tipos de envases utilizados y el tiempo de conservación de la MP. En PEBD el contenido de PT fue en promedio de  $91\text{ mg EAG } 100\text{ g}^{-1}\text{ PF}$ , mientras que en PP fue de  $77,4\text{ mg EAG } 100\text{ g}^{-1}\text{ PF}$ . Los cascos elaborados a partir de MP de 3 meses presentaron valores de PT en promedio superiores a los de MP de 5 y 6 meses (figura 21). Este resultado es coincidente con lo encontrado en el trabajo de Olaya y Restrepo (2012). Ellos indican que el estado de madurez influye en el contenido de fenoles totales y que los frutos en estado sobremaduro o fase de senescencia tienen menor contenido de fenoles, que podría ser explicado por el alto metabolismo oxidativo que en esta fase favorece la aparición de especies reactivas de oxígeno. Según Soliva y Martín (2003), frutos en estado de madurez avanzado presentan desintegración de cloroplastos, causando la solubilización de la PPO. En este sentido Saltveit (1999) indica que la degradación de fenoles es catalizada por la enzima PPO, que además de afectar la apariencia del producto, disminuye la actividad antioxidante por la pérdida de esos compuestos.

El corte generado durante la elaboración del MPF destruye los compartimentos celulares del fruto, permitiendo que los sustratos de naturaleza fenólica sean accesibles a la enzima PPO, dando lugar a polímeros oscuros durante el procesamiento. De no haber aplicado un antipardeante al elaborar los cascos, hubiera sido esperable que el contenido de PT se reduzca en el transcurso de los días, debido a la oxidación de los compuestos fenólicos en presencia del O<sub>2</sub>. En manzanas Granny Smith MPF, el contenido de PT no varió a lo largo de los días de evaluación en ninguna de las tres MP utilizadas. Con un valor promedio de 84,3 EAG 100 g<sup>-1</sup>. Esto podría deberse a la aplicación de antipardeante y su concentración, que enlenteció la degradación de los PT.

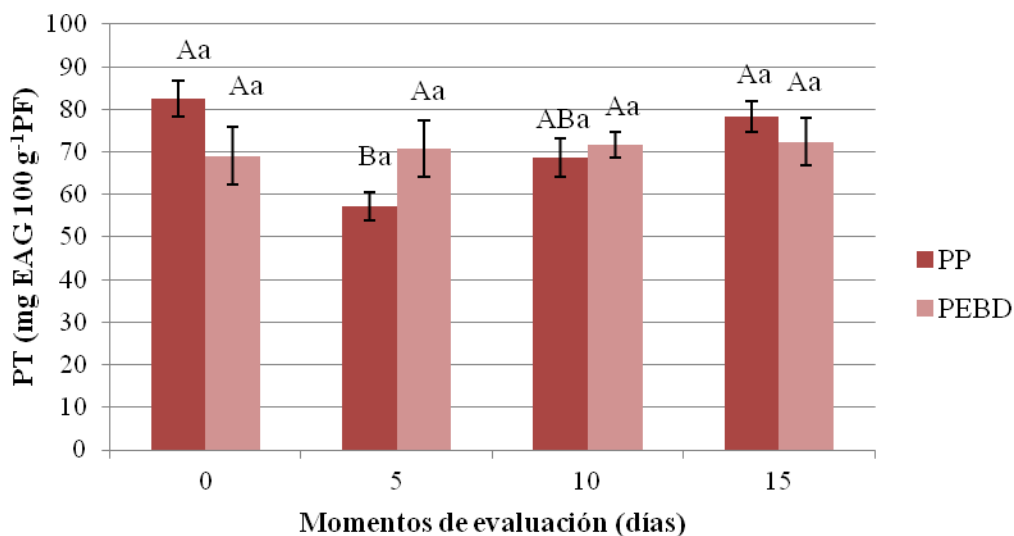


Las barras verticales representan el error estándar de la media (n = 24). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes tiempos de conservación de la MP 3, 5 y 6 meses.

Figura 21. Polifenoles totales (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF) en cascos de Granny Smith conservados 3, 5 y 6 meses

Estudios realizados por Rodríguez (2015) en Granny Smith MPF tratadas con (1,2 % yerba mate, 0,9 % de ácido cítrico y 1 % de ácido ascórbico), muestran valores de PT de 88,2 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> al inicio, mientras que las muestras control presentaron valores de 55,7 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>. Asimismo, en el trabajo de Rodríguez et al. (2013), en la misma variedad reportan valores de 59,1 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> en manzanas sin tratar (T1), mientras que las tratadas con una solución de 0,5 % + ácido cítrico 5 % ácido ascórbico + 0,25 % cloruro de calcio (T2) y 1 % de ácido cítrico + 1 % ácido ascórbico + 0,5 % cloruro de calcio (T3) presentaron valores entre 76 a 84 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>. Estas últimas no mostraron variaciones significativas entre ellas durante 7 días a 1,5 °C. Los trabajos de ambos autores obtuvieron valores de PT dentro de los rangos de esta tesis.

Como puede verse en la figura 22, en los cascotes de Oregon Spur, la cantidad de PT fue similar a los 0 y 15 días de evaluación. Por otra parte, el tiempo de conservación de la MP no influyo sobre el contenido de PT en los cascotes en esta variedad. El contenido de PT en cascotes elaborados a partir de MP de 2 y 5 meses fue de 74,02 y 68,60 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF respectivamente.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n = 6). Medias con letras distintas son estadísticamente (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tipo de envase, minúsculas comparan PP y PEBD según momento de evaluación.

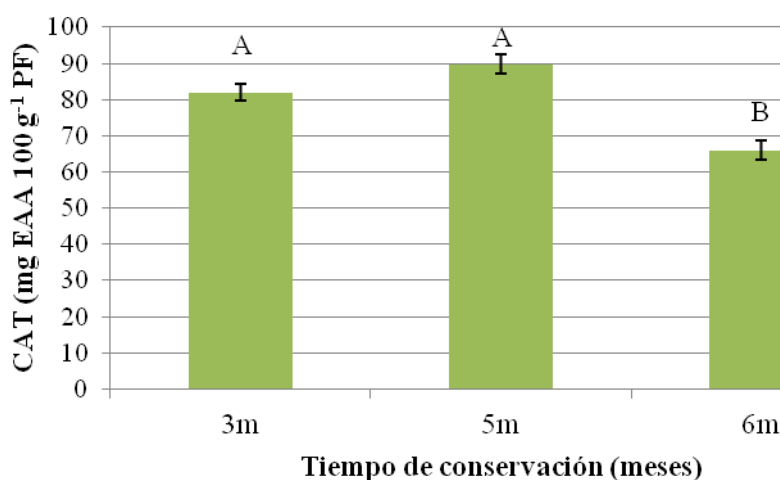
Figura 22. Polifenoles totales (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF) en cascotes de Oregon Spur en envases de PP y PEBD según momento de evaluación

Si bien el objetivo de este trabajo no es comparar entre variedades, se observó que el contenido de PT fue diferente en cascotes precedentes de Granny Smith en relación con los de Oregon Spur. En este sentido Seipel et al. (2009) indican que el contenido de fenoles totales depende de las variedades.

En este trabajo se podría decir que la aplicación de ácido ascórbico, agente reductor y acidulante muy empleado para el control del pardeamiento, podría haber contribuido a mantener el contenido de compuestos fenólicos evitando su transformación a compuestos pardos responsables del pardeamiento enzimático, durante los 15 días de evaluación. A su vez, la baja temperatura y en menor medida la modificación de los niveles de O<sub>2</sub> en los envases, contribuyeron a mantener el contenido de polifenoles totales.

#### 4.9 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL (CAT)

La CAT, medida por el método DPPH en cascotes de Granny Smith, varió en función del tiempo de conservación de la MP. Cascotes elaborados a partir de MP de 3 y 5 meses tuvieron comportamientos similares entre ellos y valores superiores a los medidos en la MP de 6 meses (figura 23). El descenso de la CAT en la MP de mayor tiempo de conservación podría explicarse en parte por, la disminución del contenido de PT observada. Mesa et al. (2015) indican que una porción importante de la CAT en frutas y hortalizas son el ácido ascórbico (vitamina C), glutatión, carotenos, antocianos y sus derivados y las sustancias fenólicas, fundamentalmente los polifenoles.



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 24$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes tiempos de conservación de la MP 3, 5 y 6 meses.

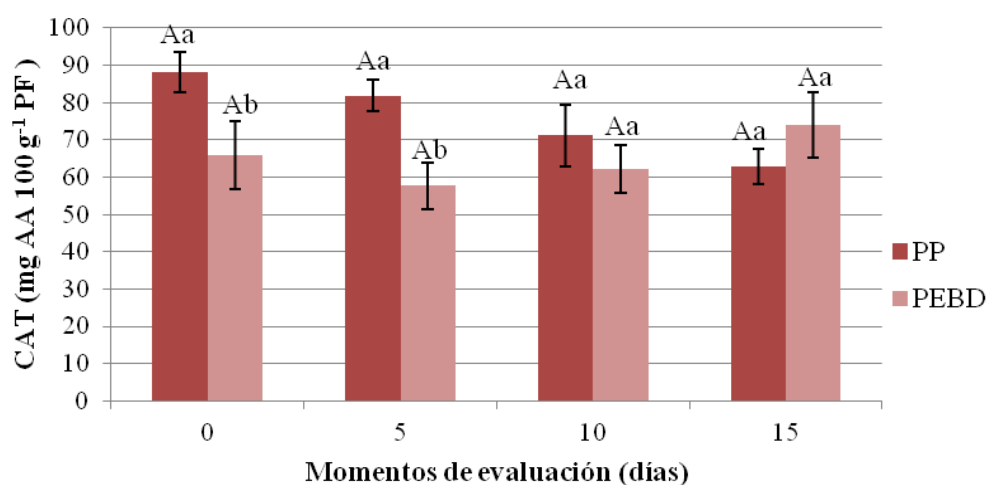
Figura 23. Capacidad antioxidante total por método DPPH (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF), en cascotes de Granny Smith conservados por 3, 5 y 6 meses

Se constataron diferencias en los valores de CAT en cascotes de Granny Smith envasados en PP respecto a PEBD. Los envases de PP dieron valores promedio superiores (84,2) EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, con respecto al producto conservado en PEBD (74,3) EAA 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados). Analizando en conjunto los momentos de evaluación y el tiempo de conservación de la MP en los cascotes de Granny Smith, la CAT medida por el método DPPH no presentó variaciones. Entre el inicio y los 15 días la CAT promedio fue de 79,3 EAA 100 g<sup>-1</sup> PF. Este comportamiento se repitió entre el tipo de envase y los diferentes momentos de evaluación (datos no mostrados). Este valor de CAT y su comportamiento constante a lo largo de los días de evaluación es coincidente con el trabajo de Rodríguez (2015), quien midió la CAT por el método



DPPH en Granny Smith MPF conservada a 2 °C por 15 días. Esta autora, observó en cascos sin aplicación de solución antioxidantes que la CAT fue 75,9 mg AA 100 g<sup>-1</sup>, manteniéndose constante durante todo el periodo de conservación.

La CAT medida por DPPH en cascos de Oregon Spur envasados tanto en PP y PEBD se comportó de manera similar en cada uno de los momentos de evaluación, excepto a los 0 y 5 días, donde los cascos envasados en PP tuvieron valores mayores de CAT (figura 24). Cascos envasados en PP presentaron un valor promedio de 76 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, mientras que en PEBD el valor fue de 64,9 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF.

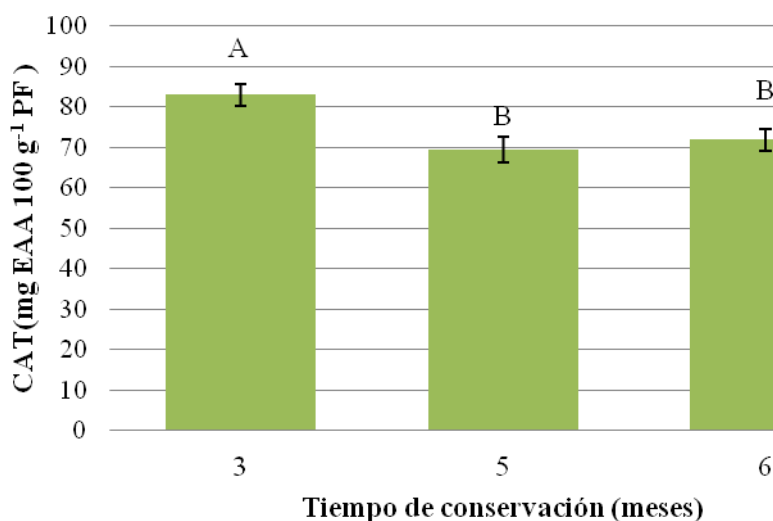


Las barras verticales representan el error estándar de la media (n = 6). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tipo de envase, minúsculas comparan PP y PEBD en cada momento de evaluación.

Figura 24. Capacidad antioxidante total por método DPPH (mg de AA 100 g<sup>-1</sup> PF), en cascos de Oregon Spur dentro de envases PP y PEBD según momento de evaluación

En los cascos de Oregon Spur, el valor promedio entre el inicio y los 15 días de la CAT medida por DPPH fue de 70,5 EAA 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados).

La CAT por el método FRAP, en los cascos de Granny Smith, presentó variaciones según el tiempo de conservación de la MP. Cascos elaborados a partir de MP de 3 meses presentaron valores mayores que los elaborados a partir de MP conservada por 5 y 6 meses (figura 25). En la misma variedad, se encontraron diferencias en la CAT de los cascos medida por FRAP según el tipo de envase utilizado, siendo mayores los valores medidos en envases de PEBD, con un promedio de 81,4 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, en relación al valor promedio de 68 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, de los cascos envasados en PP (datos no mostrados).

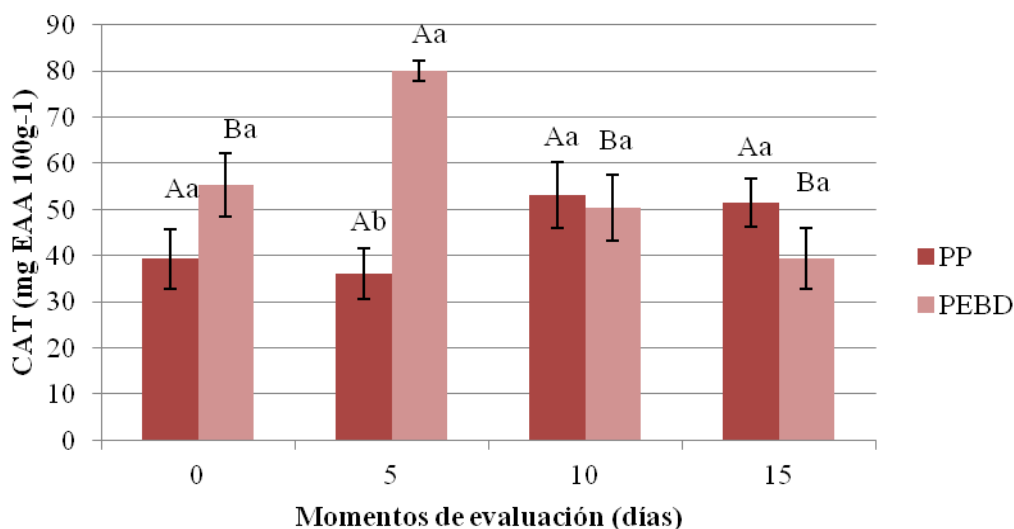


Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 24$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes tiempos de conservación de la MP 3, 5 y 6 meses.

Figura 25. Capacidad antioxidante total por método FRAP (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF), en cascos de Granny Smith conservados por 3, 5 y 6 meses

Analizando en conjunto los momentos de evaluación y el tiempo de conservación de la MP en los cascos de Granny Smith, la CAT medida por el método FRAP no presentó variaciones. Entre el inicio y los 15 días la CAT promedio fue de 74,8 EAA 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados).

La CAT medida por FRAP en cascos de Oregon Spur varió según los tipos de envases utilizados únicamente tras 5 días de conservación. Cascos envasados en PEBD presentaron un valor promedio de 57,4 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, mientras que en PP el valor fue de 45,1 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados). Los cascos envasados en PP y PEBD se comportaron de manera similar en cada uno de los momentos de evaluación, excepto en el día 5, donde los cascos envasados en PEBD tuvieron valores mayores de CAT (figura 26).



Las barras verticales representan el error estándar de la media ( $n = 6$ ). Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0,05$ ). Mayúsculas comparan los diferentes momentos de evaluación de un mismo tipo de envase, minúsculas comparan PP y PEBD en cada momento de evaluación.

Figura 26. Capacidad antioxidante total por método FRAP (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF), en cascos de Oregon Spur dentro de envases PP y PEBD según momento de evaluación

La CAT medida por FRAP en cascos de Oregon Spur de 2 y 5 meses de conservación de la MP, no presentó variaciones a lo largo de los 15 días de evaluación. Entre el inicio y los 15 días la CAT promedio fue de 51,3 EAA 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados).

En Granny Smith, los cascos provenientes de MP de menor tiempo de conservación (3 meses) presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos, así como también, mayor contenido de CAT medida tanto por el método DPPH como por FRAP. Esta correlación entre PT y CAT era esperable ya que los PT son, junto a otros compuestos, responsables de la CAT, es decir son agentes antioxidantes como lo mencionan diferentes autores (Mesa et al., 2015). También Willey (1997) indica que los compuestos fenólicos son componentes antioxidantes presentes naturalmente en los productos MPF y cuando son liberados tras el corte y en contacto con el O<sub>2</sub> participan como sustrato del pardeamiento enzimático.

Se logró evaluar la capacidad antioxidante de las muestras analizadas, tanto por el método de DPPH como por FRAP. Estando de acuerdo con Pérez y Saura (2007) quienes mencionan que, para tener un conocimiento completo de la capacidad antioxidante de una muestra, es necesario combinar al menos dos métodos de capacidad antioxidante.

La evaluación de la CAT permitió determinar la eficiencia de los antioxidantes presentes en las muestras en la protección de los productos vegetales contra el daño oxidativo, lo cual influye en la pérdida de valor comercial y nutricional.

En este trabajo, la CAT tuvo variaciones con respecto a las variedades estudiadas, el tiempo de conservación de la MP y los tipos de envases utilizados. Pérez y Saura (2007) señalan que el contenido de compuestos antioxidantes de frutas y hortalizas puede verse afectado por factores fisiológicos, como la maduración, el manejo del cultivo en pre-cosecha, así como por factores tecnológicos, como las condiciones de conservación y procesado.

## 5. CONCLUSIONES

Para ambas variedades la composición de la atmósfera dentro de los envases durante los 15 días de evaluación se modificó: la concentración de O<sub>2</sub> descendió y se acumuló CO<sub>2</sub>, sin llegar a los valores recomendados para la conservación de manzanas MPF. En cascos de Granny Smith la composición de la atmósfera no varió según el tiempo de conservación de la MP, mientras que en cascos de Oregon Spur, los niveles de CO<sub>2</sub> fueron inferiores en la MP de menor tiempo de conservación pre-procesamiento.

En cascos de Oregon Spur y Granny Smith, el envasado en PP logró una mejor combinación de gases para mantener la calidad del producto, respecto a PEBD.

En Granny Smith y Oregon Spur, la tasa respiratoria medida en los cascos siempre fue superior en la MP de menor tiempo de conservación en comparación con la MP conservada por mayor tiempo.

Tanto las condiciones de conservación del producto MPF como los tipos de envases utilizados, tuvieron efecto positivo en preservar la calidad referida al color de los cascos de las manzanas en ambas variedades. Los cascos elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación tuvieron mayor predisposición al pardeamiento ya que partieron de valores menores de Hue (tono amarillo - anaranjado) desde el día cero de evaluación.

Para las dos variedades de manzana evaluadas en este trabajo, el tiempo de conservación de la MP al momento del procesamiento afectó la firmeza del producto MPF. En cascos de Granny Smith provenientes de un mismo tiempo de conservación de MP, el valor de firmeza se mantuvo durante los 15 días de evaluación. Pero se observaron diferencias en la firmeza asociadas con el tiempo de conservación de la MP. En cascos de Oregon Spur procedentes de MP de 2 meses, la firmeza fue la misma a lo largo de los días de evaluación, siendo superior a la de los cascos de 5 meses, estos últimos fueron disminuyendo su firmeza en igual período.

Las condiciones de conservación (0 °C, 95 % HR) y el uso de películas plásticas, fueron adecuadas para minimizar la pérdida de peso asociada a la deshidratación del producto MPF en ambas variedades durante los 15 días de evaluación. La misma registró valores inferiores a los sugeridos como límite para la pérdida de calidad del producto.

El desinfectante utilizado, las condiciones del procesamiento y la conservación del producto MPF resultaron efectivas en controlar los hongos, mesófilos, psicrófilos, *Enterobacteriaceae* en ambas variedades.

En cascos de Granny Smith hubo una disminución de los SST, cuando fueron elaborados a partir de MP de mayor tiempo de conservación. En ambas variedades, el contenido de SST no varió en función del momento de evaluación ni entre los tipos de envases utilizados.

La baja temperatura y en menor medida la modificación de los niveles de O<sub>2</sub> en los envases, contribuyeron a mantener el contenido de PT en ambas variedades durante los 15 días de conservación.

En Granny Smith, los cascos provenientes de MP de menor tiempo de conservación (3 meses) presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos y mayor contenido de CAT medida tanto por el método DPPH como por FRAP en comparación con el resto (5 y 6 meses). Siendo indistinto el tipo de envase utilizado PP o PEBD sobre los valores de CAT medida por ambos métodos. En cascos de Oregon Spur, la CAT medida por DPPH y FRAP varió según los tipos de envases utilizados y se mantuvieron relativamente estables durante el tiempo de conservación del producto MPF (15 días) y el tiempo de conservación de la MP (2 y 5 meses).

Los cascos de manzanas elaborados a partir de ambas variedades presentaron variaciones en las variables evaluadas, pero igualmente la calidad de los cascos se mantuvo aceptable para el consumo durante los 15 días de conservación del producto a 0 °C.

## 6. RESUMEN

Los productos mínimamente procesados (MPF) presentan características similares a los productos frescos, son nutritivos y fáciles de preparar, pero durante el procesamiento, las operaciones de lavado, cortado, envasado, conllevan a problemas de ablandamiento, pardeamiento enzimático y alteraciones de la calidad, organoléptica, funcional y nutricional. Por tanto, requieren condiciones de conservación cercanas a 0 °C y del uso de atmósfera modificada. En este trabajo se determinó el efecto del tiempo de conservación de la materia prima (MP de 3, 5 y 6 meses en Granny Smith y de 2 y 5 meses en Oregon Spur) sobre la calidad de los MPF envasados en polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (PEBD) y almacenados durante 15 días a 0 °C, a través de variables de calidad fisicoquímica, fisiológicas y microbiológicas. En ambas variedades se modificó la composición de la atmósfera en el interior de los envases, la concentración de O<sub>2</sub> descendió en torno a 18,7 % y se acumuló alrededor de un 5,87 % de CO<sub>2</sub>. Con respecto a los envases utilizados, los niveles de CO<sub>2</sub> fueron mayores en PP (5 a 7 %) que en PEBD (3 a 4 %). En Granny Smith la tasa respiratoria fue mayor en cascos elaborados a partir de MP de 3 meses (7,68 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) y en Oregon Spur la mayor tasa respiratoria fue en cascos elaborados con MP de 2 meses de conservación (8,48 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>). La evolución del color, en cascos de Granny Smith procesados a partir de MP de 3 meses mostró disminución de luminosidad y Hue entre el inicio y los 15 días y la intensidad del color no varió. En cascos de Oregon Spur la luminosidad fue mayor cuando se elaboraron con MP de 5 meses respecto a MP 2 meses. Pero la saturación y el tono mostraron valores mayores en MP de 2 meses. Por tanto, la concentración de ácido ascórbico (1 %), la temperatura de conservación de los cascos (0 °C) y los envases utilizados preservaron la calidad del color de los cascos. La firmeza de los cascos de Granny Smith fue de 5,69 N, 4,61 N y 3,73 N cuando se utilizó MP de 3, 5 y 6 meses respectivamente. En Oregon Spur, la firmeza de los cascos varió según provenían de MP conservada por 2 o por 5 meses (5,24 N y 3,9 N respectivamente). La pérdida de peso en cascos de Granny Smith y Oregon Spur estuvo en torno a 0,20 y 0,52 %, lo cual no constituyó una limitante en la vida útil de los cascos. Los recuentos de hongos y *Enterobacteriaceae*, en ambas variedades fueron inferiores a 1 Log UFC g<sup>-1</sup>. Los aerobios mesófilos, psicrófilos y las levaduras, presentaron recuentos menores al límite tolerado (4 - 7 log UFC g<sup>-1</sup>) para la aceptación del producto MPF por parte de los consumidores. Por lo tanto, la utilización de hipoclorito de sodio (NaClO) a una concentración de 1,5 mL/L a 6 °C, durante 2 min resultó efectiva para el control de la carga microbiana. En ambas variedades el contenido de sólidos solubles totales (SST) estuvo entre 12 y 13 %. El contenido de polifenoles totales en Granny Smith MPF fue diferente según el tiempo de conservación de la MP y el tipo de envase utilizado, no así en Oregon Spur. La capacidad antioxidante (CAT) en cascos de Granny Smith (determinada por los métodos de FRAP y DPPH) fue mayor en la MP de menor tiempo de conservación. En ambas variedades la CAT determinada por DPPH fue mayor en envases PP respecto a PEBD. En cambio, la evaluación mediante el método FRAP

mostró lo contrario, los cascos de Granny Smith y Oregon Spur envasados en PEBD dieron valores de 81,4 mg equivalente ácido ascórbico (EAA)  $100 \text{ g}^{-1}$  PF y 57,4 mg EAA  $100 \text{ g}^{-1}$  PF y en PP 68 mg EAA  $100 \text{ g}^{-1}$  PF y de 45,1 mg EAA  $100 \text{ g}^{-1}$  PF respectivamente.

Palabras clave: Poscosecha; Cuarta gama; Respiración; Microorganismos; Antioxidantes; Manzana.



## 7. SUMMARY

Minimally processed products (MPF) have similar characteristics to fresh products, they are nutritious and easy to prepare, but during processing, washing, cutting, packaging operations lead to softening problems, enzymatic browning and quality alterations, organoleptic, functional and nutritional. Therefore, they require to be stored close to 0 °C with the use of a modified atmosphere. In this work, the effect of the raw material (RM) storage period of 3, 5 and 6 months in Granny Smith and 2 and 5 months in Oregon Spur, on the quality of the MPF packed in polypropylene (PP) and low-density polyethylene (LDPE) for 15 days at 0 °C, through physical, chemical, physiological and microbiological quality parameters was evaluated. In both varieties, the atmosphere composition inside the bags were modified. The concentration of O<sub>2</sub> decreased by around 18.7 % and CO<sub>2</sub> increased around 5.87 %. Comparing the films used, CO<sub>2</sub> levels were higher in PP (5 to 7 %) than in LDPE (3 to 4 %). In Granny Smith the respiratory rate was higher in slices from 3 months RM (7.68 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) and in Oregon Spur the highest respiratory rate corresponded to slices from 2 month RM (8.48 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>). Granny Smith slices color from 3 months RM, showed a decrease in luminosity and Hue between the beginning and the 15 days while the color intensity did not vary. In Oregon Spur, the luminosity was higher when they were made with 5 months RM compared to 2 months ones. On the other hand, saturation and Hue showed higher values in RM of 2 months. Therefore, the concentration of ascorbic acid (1 %), the storage temperature of the hooves (0 °C) and the containers used had a positive effect in preserving the color quality. The firmness of the Granny Smith slices was 5.69 N, 4.61 N, and 3.73 N when 3, 5, and 6 months RM were used, respectively. In Oregon Spur, the firmness the storage time of the RM, with values of 5.24 N and 3.9 N for 2 and 5 months respectively. Weight loss in Granny Smith and Oregon Spur slices were around 0.20 and 0.52 %. This parameter did not constitute a limitation on the shelf life of the final product. Fungi and *Enterobacteriaceae* counts, in both varieties were lower than 1 Log CFU g<sup>-1</sup>. Aerobic mesophiles, psychrophiles, and yeasts presented counts below the tolerated limit (4 - 7 log CFU g<sup>-1</sup>) for consumer acceptance. Therefore, it could be said that the use of sodium hypochlorite (NaClO) at a concentration of 1.5 mL / L at 6 °C, for 2 min, was effective in controlling the microbial load. In both varieties the content of total soluble solids (TSS) was between 12 and 13 %. The total polyphenol content in Granny Smith was different according time of storage of the RM and the type of film used, but not in Oregon Spur. The total antioxidant capacity (TAC) in Granny Smith (determined by the FRAP and DPPH method) was higher when the RM had less storage period. In both varieties the TAC determined by DPPH was higher in PP bags compared to LDPE. On the other hand, TAC determined by FRAP in Granny Smith and Oregon Spur packed in LDPE gave values of 81.4 mg ascorbic acid equivalent (AAE) 100 g<sup>-1</sup> FW and 57.4 mg AAE 100 g<sup>-1</sup> FW and in PP 68 mg AAE 100 g<sup>-1</sup> FW and 45.1 mg AAE 100 g<sup>-1</sup> FW respectively.

Keywords: Postharvest; Fresh-cut; Respiration; Microorganisms; Antioxidants; Apple.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abadias, M.; Usall, J.; Anguera, M.; Solsona, C.; Viñas, I. 2008. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology* 123(1-2):121-129.
2. Ahvenainen, R. 1996. Nuevos enfoques para mejorar la vida útil de frutas y verduras mínimamente procesadas. (en línea). *Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 7(6):179-187. Consultado 20 nov. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224496100224>
3. Agostinho, S. 2011. Processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: Bonnet Alvarenga, A. L.; Claire, Sarantopoulos, G. L.; De Toledo, J. C.; De Oliveira, L. M. eds. *Processamento mínimo de frutas e hortaliças. tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem*. Río de Janeiro, EMBRAPA. pp. 1-26.
4. Aguayo, E.; Gómez, P.; Artés-Hernández, F.; Artés, F. 2017. Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético. (en línea). *Agrociencia (Uruguay)*. 21(1):8-12. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n1/2301-1548-agro-21-01-00007.pdf>
5. Alandes, L.; Quiles, A.; Pérez-Munuera I.; Hernando, I. 2011. Fresh-cut apple treated with natural additives: quality and structural aspects. (en línea). *CyTA Journal of Food*. 9(1):17-24. Consultado 07 jul. 2018. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476330903503361>
6. Alonso, G.; Chiesa, A. 2009. Hortalizas mínimamente procesadas en los supermercados de Buenos Aires. (en línea). *Revista UNCU. FCA*. 16(2):45-57. Consultado 18 dic. 2018. Disponible en [http://t.bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/3167/t41-2-04-chiesa.pdf](http://t.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3167/t41-2-04-chiesa.pdf)
7. Arias, E.; González, J.; López-Buesa, P; Oria, R. 2008. Optimización del procesamiento de pera fresca cortada. (en línea). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88(10):1755-1763. Consultado 10 mar. 2018. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.3276>

8. Artés, F.; Villaescusa, R.; Tudela, J. 2000. Envasado en atmósfera modificada de granada. (en línea). *Journal of Food Science*. 65(7):1112-1116. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10248.x>
9. \_\_\_\_\_. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. (en línea). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7(2):61-85. Consultado 15 set. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/813/81370202.pdf>
10. \_\_\_\_\_.; Gómez, P. A.; Artés-Hernández, F. 2007. Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. (en línea). *SAGE Journals*. 13(3):177-188. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013207079610>
11. Artés-Hernández, F.; Aguayo, E.; Gómez, P.; Artés, F. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la "cuarta gama". (en línea). *Horticultura Internacional*. no. 69:52-57. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2957881>
12. Baeza, A.; Silveira, A. C.; Escalona, V. 2015. Empleo de radiación UV-C como método de desinfección para la elaboración de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) mínimamente procesada. *Agrociencia* (Uruguay). 19(2):26-35.
13. Bai, J.; Wu, P.; Manthey, J.; Goodner, K.; Baldwin, E. 2009. Effect of harvest maturity on quality of fresh-cut pear salad. (en línea). *Postharvest Biology and Technology*. 51(2):250-256. Consultado 29 ago. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521408002068>
14. Benítez, C. 2001. Cosecha y poscosecha de peras y manzanas en los valles irrigados de la Patagonia. General Roca, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 128 p.
15. Benzie, I. F.; Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. (en línea). *Analytical Biochemistry*. 239(1):70-76. Consultado 17 set. 2018. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/cbfe/ac924b3835569bbb0b1182336e2c196ab5b0.pdf>

16. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. (en línea). LWT Food Science and Technology. 28(1):25-30. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en [http://radio.cuci.udg.mx/bch/EN/Manuals/Techniques/DPPH-original\\_LebensWissTechnol\\_1995-v28-p25.pdf](http://radio.cuci.udg.mx/bch/EN/Manuals/Techniques/DPPH-original_LebensWissTechnol_1995-v28-p25.pdf)
17. Cantwell, M. I.; Suslow, T. V. 2007. Sistemas de manejo poscosecha: frutas y hortalizas pre-cortadas (mínimamente procesadas). In: Kader, A. A. ed. Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. 3<sup>a</sup> ed. Davis, California, Universidad de California. Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha. División de Agricultura y Recursos Naturales. pp. 497-518 (Series de Horticultura Poscosecha no. 24).
18. Cano, M. P. 2001. Preparación de alimentos vegetales procesados en fresco. (en línea). Extra Horticultura Internacional. no. 20:50-67. Consultado 28 feb. 2018. Disponible en [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_hortint/hortint\\_2001\\_E\\_completaBIS.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2001_E_completaBIS.pdf)
19. Carreres, J. E. 2010. Evolución de las últimas novedades alimentarias en hortofruticultura derivadas de las nuevas demandas de consumo. (en línea). Madrid, España, Infoagro.com. s.p. Consultado 11 abr. 2019. Disponible en [https://www.infoagro.com/hortalizas/productos\\_iv\\_v\\_gama.htm](https://www.infoagro.com/hortalizas/productos_iv_v_gama.htm)
20. Defilippi, B.; Campos, R. 2006. Postcosecha de fruta mínimamente procesada. (en línea). Tierra Adentro. no. 71:20-21. Consultado 26 feb. 2018. Disponible en [http://biblioteca.inia.cl/medios/tierraadentro/pdf/N71-p20\\_21.pdf](http://biblioteca.inia.cl/medios/tierraadentro/pdf/N71-p20_21.pdf)
21. Del Águila, J. S.; Fumi, F.; Sichmann, L.; Ortega, E.; Trevisan, M.; Kluge, R. 2008. Effect of antioxidants in fresh cut radishes during the cold storage. (en línea). Brazilian Archives of Biology and Technology. An International Journal. 51(6):1217-1223. Consultado 17 mar. 2019. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/babt/v51n6/17.pdf>
22. Denoya, G.; Ardanaz, M.; Sancho, A.; Benítez, C.; González, C.; Guidi, S. 2012. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. INTA. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 38(3):263-267.

23. Diezma, I. B. 2016. Control de calidad de productos de IV gama. (en línea). *Simiente*. 86(3-4):1-8. Consultado 19 may. 2018. Disponible en [http://www.sach.cl/revista/pdf/Simiente%2086\(3-4\)julio-diciembre2016.pdf](http://www.sach.cl/revista/pdf/Simiente%2086(3-4)julio-diciembre2016.pdf)
24. Escalona, V. H. 2017. Uso de envasado en atmósfera modificada en los productos de IV y V gama. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 21(2):1-6. Consultado 15 ene. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/1419/823>
25. Escobar, A. 2013. Aplicación de la tecnología de barreras para la conservación individual y de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas. Tesis Ing. Agr. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. 108 p.
26. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2020. FAOSTAT: datos estadísticos de la producción mundial de manzanas. (en línea). Rome. s.p. Consultado may. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
27. Fernandes, M.; Admilson, B. 1990. Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia y manuseio. Sao Paulo, SP, Brasil, Escola Superior de Agricultura de Lavras. 320 p.
28. García, A. 2008. Aplicación de la tecnología IV gama en frutos de melón (*Cucumismelo*) y piña (*Ananascomosus*). (en línea). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 9(1):34-43. Consultado 8 abr. 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/813/81311226006.pdf>
29. Gil, M. I.; Allende, A.; Beltrán, D.; Selma, M. 2005. Nuevas tendencias de procesado y conservación de alimentos vegetales de IV gama. (en línea). *CTC Alimentación*. no. 26:146-151. Consultado 23 jul. 2018. Disponible en [http://digital.csic.es/bitstream/10261/5778/1/CEBAS\\_AGROCSIC.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/5778/1/CEBAS_AGROCSIC.pdf)
30. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; López, F.; Selma M. V. 2009. ¿Hay alternativas al cloro como higienizante para productos de IV gama? (en línea). *Revista Horticultura Internacional*. no. 69:38-45. Consultado 12 feb. 2019. Disponible en [http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/38\\_45.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/38_45.pdf)

31. Gómez, Sánchez, A. I.; Vázquez, Aguilar, M. M. 2007. Tecnología de empackado en atmósferas modificadas: principios, desarrollo en investigación y aplicaciones. (en línea). Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos (TSIA). 1:66-79. Consultado 12 feb. 2019. Disponible en [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No1-Vol-1/TSIA-1\(1\)-Gomez-Sanchez-et-al-2007.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No1-Vol-1/TSIA-1(1)-Gomez-Sanchez-et-al-2007.pdf)
32. Gorny, J. R.; Cifuentes, R. A.; Hess-Pierce, B.; Kader, A. A. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime. (en línea). Journal of Food Science. 65(3):541-544. Consultado 12 ene. 2020. Disponible en <https://ucanr.edu/datastoreFiles/608-339.pdf>
33. Gubeli, I. 2012. Efecto del uso de agentes antipardeantes y atmósfera modificada sobre el pardeamiento enzimático en cascotes de manzana 'Royal Gala'. Tesis Ing. Agr. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 164 p.
34. Gutiérrez, D.; Ruiz, López, G.; Sgroppo, S.; Rodríguez, S. 2016. Uso de la radiación UV-C en el proceso de elaboración de hortalizas de IV gama. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 20(2):7-13. Consultado 19 feb. 2019. Disponible en <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v20n2/v20n2a02.pdf>
35. Hernández, Y.; González, M.; Lobo, M. G. 2007. Importancia del grado de madurez en el procesado mínimo de frutas. (en línea). In: Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones (5º., 2007, Cartagena, España). Trabajos presentados. Murcia, Grupo de Postrecolección y Refrigeración. pp. 837-847. Consultado 14 feb. 2019. Disponible en <https://www.icia.es/icia/download/fruticulturatropical/AITEP2007-Madurez%20frutas.pdf>
36. Hormazabal, Torres, P. A. 1999. Efecto de la IV gama en la mezcla de lechuga (*Lactuca sativa*) tipo escarola y palta (*Persea americana* Mill) cvs. Edranol, Hass y Negra de la cruz. (en línea). Tesis Ing. Agr. Quillota, Chile. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Área de Hortalizas y Flores. 53 p. Consultado 5 may. 2018. Disponible en [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/G-H-I/HormazabalPaola1999.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/G-H-I/HormazabalPaola1999.pdf)

37. INFOSTAT. 2019. Software estadístico Infostat. (en línea). Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo InfoStat. s.p. Consultado 7 jun. 2019. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
38. Kader, A. A. 2007. Biología y tecnología postcosecha: un panorama. In: Kader, A. A. ed. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. 3<sup>a</sup> ed. Davis, California, Universidad de California. Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha. División de Agricultura y Recursos Naturales. pp. 43-53 (Series de Horticultura Poscosecha no. 24).
39. Koyuncu, M.; Koyuncu, F.; Dilmaçınal, T.; Güçlü, F.; Çetinbaş, M.; Kuleaşan, H. 2010. Cold storage of fresh-cut “Granny Smith” apples. (en línea). Acta Horticulturae. no. 876:307-317. Consultado 27 jun. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.876.41>
40. Mercado, E.; Aquino, E. N. 2005. Enzimas involucradas en el deterioro de frutos y vegetales cortados. In: González Aguilar, G.; Gardea, A. A.; Cuamea Navarro, F. eds. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Guadalajara, México, CIAD. pp. 177-216.
41. Mery Kraemer, L. 2011. Evaluación de distintas técnicas de postcosecha para prolongar la vida útil de peras mínimamente procesadas. (en línea). Tesis de Maestría. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. 213 p. Consultado 10 abr. 2018. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112597>
42. Mesa, A. M.; Zapata, S.; Arana, L. M.; Zapata, I. C.; Monsalve, Z.; Rojano, B. 2015. Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratumconyzoides* L. (en línea). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 14(1):1-10. Consultado 27 jun. 2019. Disponible en [https://blacpma.usach.cl/sites/blacpma/files/articulo\\_1\\_-\\_792\\_-\\_1\\_-\\_10.pdf](https://blacpma.usach.cl/sites/blacpma/files/articulo_1_-_792_-_1_-_10.pdf)
43. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2016. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea). Montevideo. 12 p. (Serie Encuestas no. 338). Consultado 20 set. 2018. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta\\_fruticola\\_de\\_hoja\\_caduca\\_zafra\\_2016\\_1.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_zafra_2016_1.pdf)
44. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Anuario estadístico agropecuario 2016. Montevideo. 198 p.



45. Mitcham, E. J.; Crisosto, C. H.; Kader, A. A. 1999. Apple: Red Delicious, recommendations for maintaining postharvest quality. (en línea) Ficha técnica Perishables Handling no. 99. s.p. Consultado 28 set. 2019. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/files/259403.pdf>
46. \_\_\_\_\_.; Gordon, M. F. 2007. Sistemas de manejo poscosecha: frutos pomo. In: Kader, A. A. ed. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. 3ª. ed. Davis, California, Universidad de California. Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha. División de Agricultura y Recursos Naturales. pp. 373-386 (Series de Horticultura Poscosecha no. 24).
47. Montero, Calderón, M.; Rojas, Grau, M. A.; Soliva, Fortuny, R.; Martín, Belloso, O. 2009. Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. (en línea). Horticultura Internacional. no. 69:48-51. Consultado 30 ago. 2018. Disponible en [http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/48\\_51.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/48_51.pdf)
48. Moretti, C. L. 2007. Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Brasília, EMBRAPA Hortaliças. 531 p.
49. Namesny, A. 1991. El pre-enfriamiento. II parte. (en línea). Horticultura. 2950(64):60-73. Consultado 11 jun. 2019. Disponible en [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_1991\\_64\\_60\\_73.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1991_64_60_73.pdf)
50. Neira, M. 2014. Aplicaciones de soluciones antipardeantes y cloruro de calcio en manzana variedad Cripps Pink mínimamente procesada. Tesis Ing. Agr. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 50 p.
51. Olaya, J. A.; Restrepo L. P. 2012. Estudio del contenido de fenoles y actividad antioxidante de guayaba en diferentes estados de madurez. (en línea). Acta Biológica Colombiana. 17(3):611-624. Consultado 11 jun. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028029011>
52. OMS (Organización Mundial de la Salud, CH). 2019. Aumentar el consumo de frutas y verduras para reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles. (en línea). Geneva. s.p. Consultado 9 ene. 2019. Disponible en [https://www.who.int/elena/titles/fruit\\_vegetables\\_ncds/es/](https://www.who.int/elena/titles/fruit_vegetables_ncds/es/)

53. OPS (Organización Panamericana de la Salud, EQ). 2019. Clasificación de los alimentos y sus implicaciones en la salud. (en línea). Quito. s.p. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en [https://www.paho.org/ecu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1135:clasificacion-alimentos-sus-implicaciones-salud&Itemid=360](https://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_content&view=article&id=1135:clasificacion-alimentos-sus-implicaciones-salud&Itemid=360)
54. Pardilla, S.; Vega, L. F.; Mor-Mur, M.; Guri, S. s.f. Efecto del envasado en atmósfera modificada conteniendo Argón sobre la calidad organoléptica y microbiológica de manzana IV gama. (en línea). In: Congreso Español de Ingeniería de Alimentos (7º., 2012, Ciudad Real, España). Trabajos presentados. Ciudad Real, Universidad de Castilla-La Mancha. pp. 1-10. Consultado 17 mar. 2019. Disponible en <https://previa.uclm.es/area/cta/cesia2012/cd/PDFs/1-TEC/TEC-O05T.pdf>
55. Pérez, J.; Saura, F. 2007. Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. (en línea). In: Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones (5º., 2007, Cartagena, España). Trabajos presentados. Murcia, Grupo de Postrecolección y Refrigeración. pp. 1150-1160. Consultado 2 feb. 2019. Disponible en <https://docplayer.es/19916484-Metodologia-para-la-evaluacion-de-capacidad-antioxidante-en-frutas-y-hortalizas.html>
56. Ragaert, P.; Jacxsens, L.; Vandekinderen, I.; Baert, L.; Devlieghere, F. 2011. Microbiological and safety aspects of fresh-cut fruits and vegetables. (en línea). In: Martín, Belloso, O.; Soliva, Fortuny, R. ed. Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing. 6<sup>th</sup>. ed. Boca Raton, FL, CRC. pp. 53-86 (Food preservation technology series). Consultado 11 abr. 2020. Disponible en [https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/advances\\_in\\_fresh-cut\\_fruits\\_and\\_vegetables\\_processing.pdf](https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791/advances_in_fresh-cut_fruits_and_vegetables_processing.pdf)
57. Rivas, C. M.; Flórez, S. I.; González, M. A. 2008. La respiración de las plantas. In: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. ed. Madrid, McGraw-Hill. pp. 265-285.
58. Rodríguez, A.; Costa, S.; Caballero, S. 2013. Determinación de las concentraciones óptimas de una solución de yerba mate para incrementar el potencial saludable y reducir el pardeamiento en manzanas frescas cortadas. (en línea). In: Congreso de Ciencia y Tecnología de Alimentos CYTAL (9º., 2013, Rosario, Argentina). Resúmenes. Montevideo, LATU. s.p. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en [https://catalogo.latu.org.uy/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=2076](https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2076)

59. Rodríguez, M. 2015. Estudio de la aplicación de tratamientos térmicos suaves y antioxidantes de origen natural a manzanas frescas cortadas. Tesis Mg. Santa Fe, Argentina. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería Química. 255 p.
60. Salinas Hernández, R. M.; González Aguilar, G. A.; Pirovani, M. E.; Ulín Montejo, F. 2007. Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. (en línea). Revista Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 23(2):183-196. Consultado 21 dic. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/154/15423209.pdf>
61. Saltveit, M. E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. (en línea). Postharvest Biology and Technology. 15(3):279-292. Consultado 21 dic. 2018. Disponible en <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-2189.pdf>
62. Sánchez, Oliver, C. 2007. Banco nacional de germoplasma de manzano: descripción de los clones incluidos en el mismo. (en línea). Proyecto Ingeniero Técnico Agrícola. Zaragoza, España. Escuela Universitaria Politécnica La Almunia de Doña Godina. 231 p. Consultado 12 mar. 2017. Disponible en [http://digital.csic.es/bitstream/10261/44503/1/S%c3%a1nchezC\\_TC\\_2007.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/44503/1/S%c3%a1nchezC_TC_2007.pdf)
63. Sharma, S.; Rao, T. 2015. Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears. LWT-Food Science and Technology 62(1):791-800.
64. Sierra, M. 2004. Fruta de IV gama en los lineales españoles. (en línea). Horticultura Internacional. Tecnología de Poscosecha. no. 44:38-45. Consultado 28 jun. 2018. Disponible en [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_hortint/hortint\\_2004\\_44\\_38\\_45.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2004_44_38_45.pdf)
65. Silveira, A. C. 2009. Técnicas ecoinnovadoras para elaborar melón Galia mínimamente procesado en fresco. Tesis Dr. en Ciencias Agropecuarias. Murcia, España. Universidad Politécnica de Cartagena. 215 p.
66. \_\_\_\_\_. 2016. Curso procesado mínimo de frutas y hortalizas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 10 p.

67. \_\_\_\_\_. 2017. Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados. *Agrociencia* (Uruguay). 21(1):1-6.
68. Singleton, V.; Rossi, J. 1965. Colorimetría de fenólicos totales con reactivos de ácido fosfomolibídico-fosfotungstácico. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16(3):144-158.
69. Soliva, Fortuny, R.; Oms, Oliu, G.; Martín, Belloso, O. 2002. Effects of ripeness stages on the storage atmosphere, color, and textural properties of minimally processed Apple slices. *Journal of Food Science*. 67(5):1958-1963.
70. \_\_\_\_\_.; Martín, Belloso, O. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. (en línea). *Trends in Food Science & Technology*. 14(9):341-353. Consultado set. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com.proxy.timbo.org.uy:88/science/article/pii/S0924224403000542>
71. \_\_\_\_\_.; Alós, Saiz, N.; Espachs, Barroso, A.; Martín, Belloso, O. 2004. Influence of maturity at processing on quality attributes of fresh-cut conference pears. (en línea). *Journal of Food Science*. 69(7):290-294. Consultado 24 oct. 2018. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13631.x>
72. Stern, D.; Ortolá, M. D.; Fito, P. 2001. Estudio de la influencia de distintas condiciones de almacenamiento de cítricos sobre el desarrollo de componentes volátiles indeseables y predicción de su vida útil. In: Fito, P.; Chiralt, A.; Andrés, A.; Martínez-Navarrete, N. eds. *Investigación del postgrado del IAD-DTA*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia v.1, pp.159-176 (Series de Ciencia e Ingeniería de Alimentos no. 2).
73. Tapia, C.; Moscoso, N.; Vasco, C.; Valencia-Chamorro, S. 2015. Cambios metabólicos y fisiológicos en los productos de IV y V gama. (en línea). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 16(1):1-7. Consultado 14 oct. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864001>
74. Toivonen, P.; Brummell, D. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. (en línea). *Postharvest Biology and Technology*. 48(1):1-14. Consultado 21 jun. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004>

75. Valenzuela, C. 2012. Efecto del troceado y de la temperatura de almacenamiento sobre la tasa respiratoria de manzanas “Red Delicious” y “Cripps Pink” mínimamente procesadas. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 94 p.
76. Vargas, L.; Tamayo, J.; Centurión, A.; Tamayo, E.; Saucedo, C.; Sauri, E. 2010. Vida útil de de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. (en línea). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 11(2):154-161. Consultado 21 jun. 2019. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/51022878\\_VIDA\\_UTIL\\_DE\\_D E PITAHAYA\\_Hylocereus\\_undatus\\_MINIMAMENTE\\_PROCESADA](https://www.researchgate.net/publication/51022878_VIDA_UTIL_DE_D E PITAHAYA_Hylocereus_undatus_MINIMAMENTE_PROCESADA)
77. Varoquaux, P.; Wiley, C. R. 1994; Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. *In*: Wiley, C. R. ed. Minimally Processed Refrigerated Fruits & Vegetables. Dordrecht, Springer. pp. 226-268.
78. Watada, A. E.; Qi, L. 1999. Quality of fresh-cut produce. (en línea). Postharvest Biology and Technology. 15:201-205. Consultado 21 jun. 2019. Disponible en <https://ucanr.edu/datastoreFiles/608-387.pdf>
79. Wiley, R. C. 1997. Métodos de conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. *In*: Wiley, R. C. ed. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza, Acribia. pp. 65-76.