

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN MANZANAS RED  
DELICIOUS Y FUJI MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

**por**

**Yanina PARIANI MARRERO**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2019**

Tesis aprobada por:

Directora:

-----  
Ing. Agr. Dra. Ana Cecilia Silveira

-----  
Ing. Agr. Dra. Fernanda Zaccari

-----  
Ing. Agr. Dra. Pilar Irisarri

-----  
Qco. Facundo Ibáñez

Fecha: 17 de setiembre de 2019

Autora:

-----  
Yanina Pariani Marrero

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecerle a mi familia, por el apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera: a mi padre, a mi hermana, a mi hermano y a mi abuela. Agradecer a mi novio Mathías y a toda su familia por apoyarme y ayudarme siempre que lo necesitaba.

A mi tutora Ana Cecilia, por guiarme, apoyarme y estar siempre atenta para que pueda crecer como profesional de la mejor manera.

A mi cotutora Fernanda por estar siempre presente y dispuesta a cualquier consulta o duda.

A mis compañeras de laboratorio Eva y Vanessa que durante todo mi trabajo de tesis me acompañaron y me ayudaron y creamos una linda amistad.

A Víctor David, integrante del grupo de Poscosecha que también supo brindarme su ayuda cuando la necesité.

A mis compañeros de facultad que en el correr de la carrera fui incorporando a mi grupo de amigos.

A mis amigas de toda la vida.

A la gente de Fitopatología, Nutrición animal y Poscosecha de INIA por permitirme el uso de equipos de sus laboratorios.

Al personal de biblioteca.

Por último, agradecer a la Facultad de Agronomía por el lindo camino que me permitió recorrer.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 EL CULTIVO DE MANZANOS .....	3
2.1.1 <u>Origen, clasificación botánica y características morfológicas</u> .....	3
2.1.2 <u>Producción mundial y nacional</u> .....	5
2.1.3 <u>Variedades: Red Delicious y Fuji</u> .....	9
2.2 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN FRESCO.....	11
2.2.1 <u>Definición</u> .....	11
2.2.2 <u>Origen y mercado de los PMPF mundialmente y en Uruguay</u> .....	11
2.3 ELABORACIÓN DE LOS PMPF .....	12
2.3.1 <u>Generalidades</u> .....	12
2.3.2 <u>Selección y clasificación de la materia prima</u> .....	13
2.3.3 <u>Lavado, pelado y cortado</u> .....	13
2.3.4 <u>Lavado, sanitización y enjuague</u> .....	14
2.3.5 <u>Aplicación de tratamientos adicionales</u> .....	15
2.3.6 <u>Escurrido, centrifugado o secado</u> .....	15
2.3.7 <u>Pesado y envasado</u> .....	15
2.3.8 <u>Conservación y distribución</u> .....	16
2.4 FISIOLOGÍA DE LOS PMPF .....	16
2.5 FACTORES QUE LIMITAN LA VIDA ÚTIL DE LOS PMPF .....	17
2.5.1 <u>Respiración</u> .....	17
2.5.2 <u>Emisión de etileno</u> .....	18

2.5.3	<u>Deterioro de membranas</u> .....	18
2.5.4	<u>Pardeamiento enzimático</u> .....	19
2.5.5	<u>Ablandamiento</u> .....	20
2.5.6	<u>Crecimiento microbiano</u> .....	21
2.6	MANEJO Y TECNOLOGÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD .....	23
2.6.1	<u>Peculiaridades de la materia prima</u> .....	23
2.6.2	<u>Sanitizantes</u> .....	24
2.6.3	<u>Temperatura de conservación previa, durante y posterior a la elaboración del PMPF</u> .....	25
2.6.4	<u>Envasado en atmósfera modificada (AM)</u> .....	26
2.7	CALIDAD DEL PMPF .....	28
2.7.1	<u>Propiedades nutritivas y funcionales</u> .....	28
2.7.2	<u>Propiedades sensoriales</u> .....	30
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	31
3.1	MATERIAL VEGETAL Y PROCESADO .....	31
3.1.1	<u>Materia prima</u> .....	31
3.1.2	<u>Proceso de elaboración</u> .....	32
3.2	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS .....	35
3.2.1	<u>Tasa respiratoria</u> .....	35
3.3	PARÁMETROS FÍSICOS .....	36
3.3.1	<u>Composición gaseosa de la atmósfera en el interior de los envases</u> .....	36
3.3.2	<u>Determinación de la firmeza</u> .....	37
3.3.3	<u>Pérdida de peso</u> .....	37
3.3.4	<u>Medición del color</u> .....	38
3.4	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	39
3.5	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS .....	41
3.5.1	<u>Sólidos solubles totales</u> .....	41
3.5.2	<u>Capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles totales</u> .....	41

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	45
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	46
4.1 PARÁMETROS FISIOLÓGICOS .....	46
4.1.1 <u>Tasa respiratoria</u> .....	46
4.2 PARÁMETROS FÍSICOS.....	50
4.2.1 <u>Composición gaseosa de la atmósfera en el envase</u> .....	50
4.2.2 <u>Firmeza de la pulpa</u> .....	57
4.2.3 <u>Pérdida de peso</u> .....	62
4.2.4 <u>Parámetros del color</u> .....	64
4.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	72
4.3.1 <u>Psicrófilos</u> .....	72
4.3.2 <u>Aerobios mesófilos totales</u> .....	76
4.3.3 <u>Enterobacteriaceae</u> .....	78
4.3.4 <u>Levaduras</u> .....	81
4.3.5 <u>Hongos</u> .....	85
4.4 PARÁMETROS QUÍMICOS .....	87
4.4.1 <u>Sólidos solubles totales</u> .....	87
4.4.2 <u>Polifenoles totales</u> .....	89
4.4.3 <u>Capacidad antioxidante total</u> .....	93
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	102
6. <u>RESUMEN</u> .....	104
7. <u>SUMMARY</u> .....	105
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	106
9. <u>ANEXOS</u> .....	117

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Información nutricional de la manzana con cáscara .....	3
2. Producción de manzana en los 14 países de mayor producción a nivel mundial.....	5
3. Área cosechada y producción nacional de frutales de hoja caduca.....	6
4. Superficie y producción nacional de variedades de manzana .....	9
5. Temperatura y atmósfera controlada (AC) recomendada para el almacenamiento de manzana .....	10
6. Ensayos realizados.....	31
7. Evolución del O <sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases de PEBD durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Fuji procedentes de materia prima conservada por diferentes tiempos.....	51
8. Evolución del CO <sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Fuji envasados en diferentes tipos de envases.....	52
9. Evolución del CO <sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Fuji procedentes de materia prima conservada por diferentes tiempos.....	53
10. Evolución de la firmeza (N) durante la conservación de cascos de manzana Fuji envasados en PEBD ilustrando las diferencias entre los tiempos de conservación de la MP.....	58
11. Evolución de la firmeza (N) durante la conservación de los cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes envases .....	60

12. Evolución de los valores de luminosidad, tono y saturación durante la conservación de los cascós de manzana Fuji procedentes de MP conservada por 1,5 meses.....	64
13. Evolución del tono durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos .....	67
14. Evolución del tono en los cascós de manzana Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases y procedentes de MP conservada por diferentes tiempos .....	68
15. Cantidad de psicrófilos (log ufc g-1) durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious proveniente de MP conservada por diferentes tiempos.....	75
16. Cantidad de psicrófilos (log ufc g-1) durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious envasados en distintos tipos de envases.....	75
17. Cantidad de aerobios mesófilos totales (log ufc g-1) durante la conservación de cascós de manzanas Fuji envasados en PP y elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos .....	76
18. Cantidad de <i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc g-1) durante la conservación de cascós de manzanas Fuji proveniente de MP conservada por diferentes tiempos .....	78
19. Cantidad de levaduras (log ufc g-1) durante la conservación de cascós de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascós elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos.....	83
20. Evolución de PT (mg EAG 100 g-1 PF) durante la conservación de cascós de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascós elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos.....	90



21. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos.....	95
22. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos .....	96
23. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious envasados en distintos tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos.....	98

Figura No.

1. Evolución de la producción de toneladas de manzana en el período 2008-2017 en Uruguay.....	7
2. Evolución histórica del rendimiento y la superficie cultivada de manzana en Uruguay.....	8
3. Cortador de manzanas.....	32
4. Etapas 4 y 5 del proceso de elaboración .....	33
5. Etapas del proceso de elaboración.....	34
6. Extracción de la muestra de gas para determinar la tasa respiratoria .....	36
7. Medición de la composición gaseosa .....	37
8. Peso de las bolsas.....	38
9. Medición del color .....	39
10. Diferentes etapas para la obtención de la determinación de los microorganismos.....	40
11. Medición de SST.....	41
12. Extracciones para la determinación de CAT y PT.....	42

13. Muestras listas para la determinación de la CAT por DPPH (a), y FRAP (b) .....	43
14. Muestras listas para la determinación de polifenoles.....	44
15. Tasa respiratoria (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) de cascos de manzanas Fuji durante su conservación como PMPF elaborado a partir de MP de diferente tiempo de conservación .....	47
16. Tasa respiratoria (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) de cascos de manzanas Red Delicious durante su conservación como PMPF elaborado a partir de MP de diferente tiempo de conservación .....	48
17. Evolución del CO <sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases.....	54
18. Evolución del CO <sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos.....	55
19. Evolución de la firmeza (N) durante la conservación de cascos de manzana Red Delicious procedentes de MP conservada por diferente tiempo .....	59
20. Evolución de la firmeza (N) de los cascos de manzanas Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos y envasados en PP y PEBD .....	60
21. Evolución del tono durante la conservación de cascos de manzana Fuji procedentes de MP conservada por diferente tiempo .....	66
22. Evolución de los valores de saturación en cascos de manzana Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos y envasados en diferentes tipos de envases .....	69

23. Cantidad de psicrófilos (log ufc g-1) durante la de cascos de manzanas Fuji proveniente de MP conservada por 1,5 meses y envasados en diferentes tipos de envases .....	73
24. Cantidad de psicrófilos (log ufc g-1) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos.....	74
25. Cantidad de aerobios mesófilos totales (log ufc g-1) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos.....	77
26. Cantidad de <i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc g-1) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en distintos tipos de envases e ilustrando diferencias entre cascos elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos.....	79
27. Cantidad de <i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc g-1) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos .....	80
28. Cantidad de levaduras (log ufc g-1) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji procedentes de MP conservada por diferentes tiempos ilustrando las diferencias entre los tipos de envases.....	82
29. Cantidad de levaduras (log ufc g-1) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos.....	84
30. Evolución de PT (mg EAG 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de	

envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos.....	91
31. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji elaborados a partir de MP conservada 4,5 meses ilustrando la interacción entre tipos de envases .....	94
32. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious provenientes de MP conservada por diferentes tiempos .....	99
33. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g-1 PF) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos .....	100

## 1. INTRODUCCIÓN

El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas ha provocado cambios en los hábitos de la alimentación humana. La incorporación de estos hábitos, ha aumentado la demanda de productos listos para consumir, frescos, saludables y naturales como son los productos mínimamente procesados en fresco (PMPF), también denominados de “cuarta gama”. En Uruguay, desde el año 2000 la demanda de dichos productos ha ido aumentando lentamente, pero de forma sostenida, a diferencia de los países industrializados donde la oferta de PMPF se ha aumentado notablemente, aportando nuevos productos y desarrollando nuevas tecnologías para garantizar la calidad sensorial, nutritiva y la seguridad alimentaria.

Para llevar a cabo la elaboración de dichos productos, se debe de seguir una serie de operaciones unitarias tales como selección, clasificación, lavado, pelado, cortado, sanitizado, centrifugado, envasado y conservado en condiciones de refrigeración. Muchas de estas operaciones determinan que la fisiología del producto se altere y aumente el área susceptible al deterioro, al disminuir su tamaño y/o al quitarle la capa externa que lo recubre, aumentando así su perecibilidad. La ruptura de células, consecuencia del procesamiento, provoca aumentos en la respiración, en la producción de etileno y en la síntesis de metabolitos secundarios, lo cual provoca cambios en el color, en la textura, en el sabor y aumenta las poblaciones microbianas al generar un ambiente propicio para el crecimiento de los microorganismos. Por todo lo antes dicho estos tipos de productos se caracterizan por presentar una corta vida útil entre 7 y 14 días.

La intensidad de la respuesta metabólica, dependerá de factores como la variedad, el estado de madurez y el tiempo de conservación de la materia prima (productos enteros), utilizada.

Para prolongar la vida útil de los PMPF se hace uso de diversas tecnologías como ser el envasado en atmósfera modificada, la conservación en refrigeración y la aplicación de agentes químicos tales como antioxidantes.

En el presente trabajo se seleccionó la manzana como producto a procesar, pensado como posible “snack” para los niños y que de esta forma aumenten el consumo de dicha fruta incorporándose a la dieta ya que la manzana cuenta con varios beneficios para la salud. En Uruguay, la manzana fue la fruta de hoja caduca con mayor área cultivada (2.803 ha) y mayor

volumen de cosecha (45.128 t año<sup>-1</sup>) para la zafra 2017, representando el 58% del total de los frutos de hoja caduca (FAO, 2019).

Para llevar a cabo el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo general

Evaluar la evolución en el tiempo de parámetros de calidad del PMPF elaborado a partir de dos variedades de manzana conservadas por diferente tiempo en condiciones de refrigeración.

### 1.1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto del tiempo de conservación del PMPF y del tiempo de conservación de la MP (materia prima) sobre la actividad respiratoria de manzana Red Delicious y Fuji.
2. Evaluar el efecto del tipo de envase (polipropileno y polietileno de baja densidad), del tiempo de conservación del PMPF y del tiempo de conservación de la MP sobre los parámetros físicos: composición de la atmósfera, firmeza de la pulpa, pérdida de peso y color de manzana Red Delicious y Fuji.
3. Evaluar el efecto del tipo de envase (polipropileno y polietileno de baja densidad), del tiempo de conservación del PMPF y del tiempo de conservación de la MP sobre los parámetros microbiológicos: psicrófilos, aerobios mesófilos totales, *Enterobacteriaceae*, levaduras y hongos de manzana Red Delicious y Fuji.
4. Evaluar el efecto del tipo de envase (polipropileno y polietileno de baja densidad), del tiempo de conservación del PMPF y del tiempo de conservación de la MP sobre los parámetros químicos: SST (sólidos solubles totales), PT (polifenoles totales), CAT (capacidad antioxidante total) de manzana Red Delicious y Fuji.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EL CULTIVO DE MANZANOS

#### 2.1.1 Origen, clasificación botánica y características morfológicas

El manzano, es originario de las zonas montañosas de Asia central, de zonas templadas de Europa y de las montañas del Cáucaso, encontrándose en estado silvestre y cultivado desde la prehistoria (Coque et al., 2012).

Pertenece al género *Malus Miller*, el cual está ubicado en la subfamilia Maloideae dentro de la familia Rosaceae (Ferree y Warrington, 2003). Es una planta fuerte con abundante masa foliar, cuenta con flores blancas y perfumadas muy llamativas para las abejas quienes facilitan la polinización cruzada que la mayoría de las variedades necesitan para poder producir la fruta. Sus hojas son caducas las cuales se caen en el otoño y luego del reposo invernal vuelve a brotar en la primavera. La fruta es clasificada botánicamente como pomo y denominada manzana, su color es variado, puede ser de diferentes tonalidades de rojos, verdes, amarillos hasta marrones (Disegna et al., 2003).

En el Cuadro 1 se detalla la composición nutricional de la manzana. Se puede destacar que presenta bajo contenido de grasas en comparación con los carbohidratos y la fibra (Disegna et al., 2003). En cuanto a las vitaminas, la manzana contiene interesante aporte de vitamina C, formada por ácido ascórbico y dehidroascórbico, siendo estos compuestos hidrosolubles con importantes propiedades antioxidantes (Robles et al., 2007).

Cuadro No. 1. Información nutricional de la manzana con cáscara

PORCIÓN 180g		
	Unidad	Cantidad por porción
<b>VALOR ENERGÉTICO</b>	kcal	87
<b>CARBOHIDRATOS</b>	g	20,5
<b>PROTEÍNAS</b>	g	0,5
<b>GRASAS TOTALES</b>	g	0,4
GRASAS SATURADAS	g	0,1
GRASAS MONOINSATURADAS	g	0,02
GRASAS POLIINSATURADAS	g	0,09
GRASAS TRANS	g	0

COLESTEROL	mg	0
<b>FIBRA</b>	g	4,3
<b>SODIO</b>	mg	2
<b>VITAMINA A</b>	µg	5
<b>VITAMINA D</b>	µg	0
<b>VITAMINA C</b>	mg	8,3
<b>TIAMINA (B1)</b>	mg	0,04
<b>RIBOFLAVINA (B2)</b>	mg	0,05
<b>NIACINA (B3)</b>	mg	0,16
<b>ÁCIDO FÓLICO (B1)</b>	µg	5,4
<b>CIANOCOBALAMINA</b>	µg	0
<b>POTASIO</b>	mg	193
<b>CALCIO</b>	mg	11
<b>HIERRO</b>	mg	0,2
<b>ZINC</b>	mg	0
<b>FÓSFORO</b>	mg	20

Fuente: adaptado de Nutrinfo.com (s.f.).

Uno de los beneficios de la manzana para la salud humana es su actividad antioxidante siendo una de las frutas con mayor capacidad antioxidante total. Para el cultivar Red Delicious, Palomo et al. (2010) reportan valores de CAT de 47,7 µM Trolox Equivalentes (TE) g<sup>-1</sup>, mientras que para frutas como pera el valor promedio fue de 19,1 µM TE g<sup>-1</sup>, en durazno de 18,6 µM TE g<sup>-1</sup>, en naranja de 18,1 µM TE g<sup>-1</sup> en uva de mesa (15,5 µM TE g<sup>-1</sup>) y en kiwi 9,2 µM TE g<sup>-1</sup>.

La manzana ha sido caracterizada como alimento con propiedades beneficiosas para la salud humana. Al ser rica en fibra ayuda al cuerpo a eliminar el colesterol y el estreñimiento. La presencia de ácido málico y tartárico colabora en la digestión de alimentos grasos. El azúcar de la manzana es principalmente fructosa la cual ayuda a mantener un nivel equilibrado de azúcar en la sangre (Disegna, 2003). Palomo et al. (2010) reportan que el consumo de manzana puede prevenir el desarrollo de infarto agudo de miocardio, enfermedades cerebro vasculares y ciertos tipos de cáncer. Si bien no están del todo claros los mecanismos por los cuales la manzana produce dichos efectos se sabe que la participación de los antioxidantes es importante.

Según su comportamiento fisiológico, la manzana es clasificada como un fruto climatérico, que son aquellos frutos que presentan durante la maduración, la producción autocatalítica de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), que induce diversos cambios bioquímicos y a un aumento en la respiración (Mitcham y



Mitchell, 2002). El aumento en la producción de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ocurre hasta que llegan al pico climatérico, que coincide con el estado de madurez óptimo para el consumo, luego la producción decae y comienzan una rápida senescencia (Chápper et al., 2003).

Durante la maduración de la manzana se incrementa el contenido de azúcares como fructosa y glucosa los que reciben el nombre genérico de sólidos solubles, y disminuye la concentración de los ácidos orgánicos siendo el ácido predominante en la manzana, el málico. La relación entre los azúcares y los ácidos es llamada índice de madurez y es utilizado para tener referencia de la maduración propiamente dicha (Agustí, 2004).

Luego de la cosecha la fruta debe enfriarse lo más rápido posible porque de no ser así la vida poscosecha va a ser más corta por incremento en desordenes fisiológicos, enfermedades y ablandamiento de la pulpa (Mitcham y Mitchell, 2002). La temperatura de almacenamiento ideal es la superior al punto de congelamiento, siendo en la mayoría de las variedades de entre 0-1 °C. Para evitar una excesiva pérdida de peso, sobre todo en almacenamientos prolongados, es necesario tener en cuenta la humedad relativa dentro de la cámara, la cual tiene que encontrarse entre 90-95%. En dichas condiciones de temperatura y humedad las manzanas pueden llegar a conservarse durante 5-6 meses (Chápper et al., 2003). Cuando se desea almacenar una manzana por un periodo mayor a 3 meses, se emplea la tecnología de la atmósfera controlada (AC) siendo crítico mantener los niveles adecuados para cada variedad de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (Mitcham y Mitchell, 2002).

### 2.1.2 Producción mundial y nacional

Según la FAO (2019), la producción mundial de manzana en el año 2017 fue de 83.139326 t, donde el 65% correspondió a la producción de Asia, el 17% a Europa y el 5% restante a América.

Cuadro No. 2. Producción de manzana en los 14 países de mayor producción a nivel mundial

País	Producción (millones de t)	Producción (%)
<b>Mundo</b>	<b>83</b>	<b>100</b>
<b>China</b>	41,4	49,87
<b>EEUU</b>	5,2	6,22
<b>Turquía</b>	3,0	3,65
<b>Polonia</b>	2,4	2,94

<b>India</b>	2,3	2,72
<b>Irán</b>	2,1	2,52
<b>Italia</b>	1,9	2,31
<b>Chile</b>	1,8	2,12
<b>Francia</b>	1,7	2,05
<b>Rusia</b>	1,6	1,97
<b>Brasil</b>	1,3	1,56
<b>Ucrania</b>	1,1	1,29
<b>Uzbekistán</b>	1,0	1,24
<b>Subtotal</b>	<b>66,8</b>	<b>80,54</b>
<b>Uruguay</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

Fuente: adaptado de FAO (2019).

Como lo detalla el Cuadro 1, para la zafra 2017, China fue el país con mayor producción de manzana abarcando el 50% de la producción mundial. Uruguay representa tan solo el 0,05 % del total producido y dicha producción se concentra en los departamentos del sur del país: Montevideo, Canelones, San José y Colonia.

Según FAO (2019), en la zafra 2016-2017 de frutales de hoja caduca de Uruguay, la manzana fue el cultivo con mayor área (2803 ha) y mayor volumen de cosecha (45128 t año<sup>-1</sup>), aportando el 58 % de la producción total de frutales de hoja caduca (Cuadro 3).

Cuadro No. 3. Área cosechada y producción nacional de frutales de hoja caduca

<b>Cultivo</b>	<b>Área cosechada (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Producción (%)</b>
<b>Total</b>	<b>5.469</b>	<b>77.919</b>	<b>100</b>
<b>Manzana</b>	2803	45128	57,92
<b>Pera</b>	800	12000	8,92
<b>Melocotones (Duraznos y nectarinos)</b>	1396	13896	1,59
<b>Membrillos</b>	185	4859	0,56
<b>Ciruelas</b>	285	2036	0,01

Fuente: adaptado de FAO (2019).

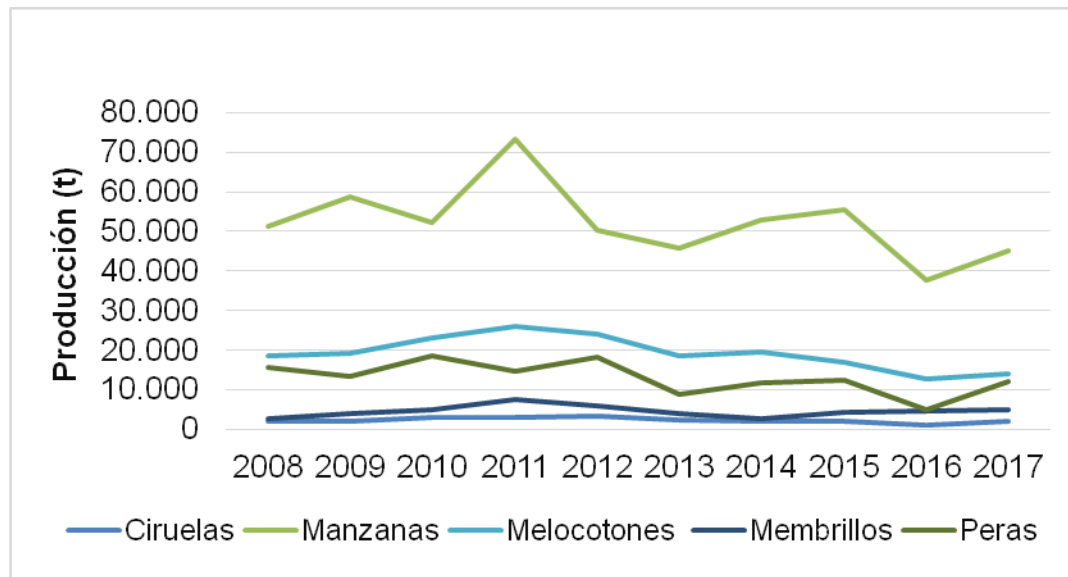
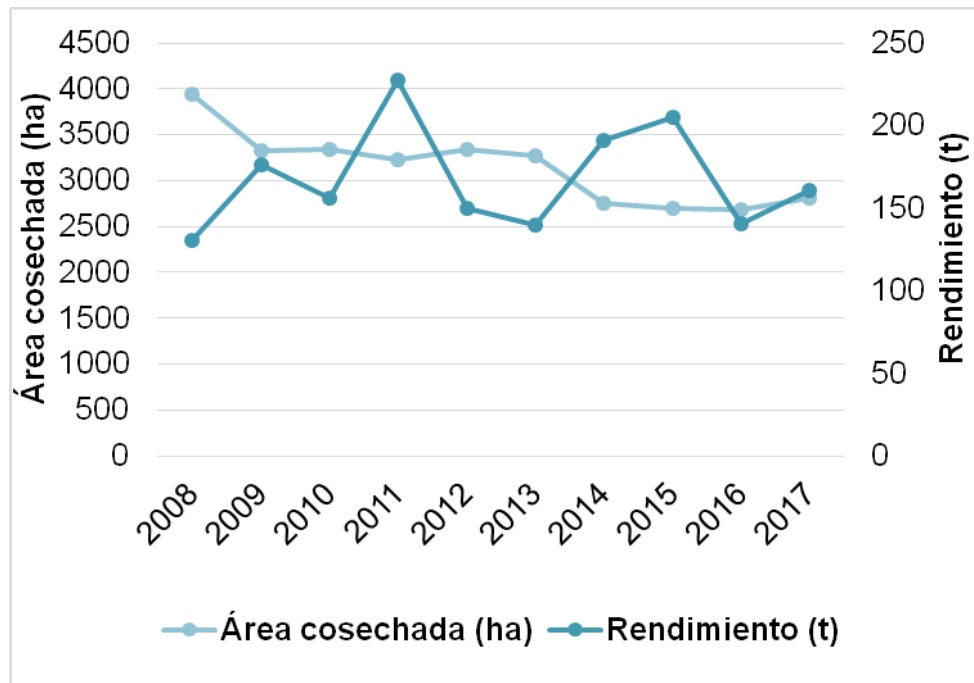


Figura No. 1. Evolución de la producción de toneladas de manzana en el período 2008-2017 en Uruguay

Fuente: adaptado de FAO (2019).

Como se puede observar en la Figura 1, de los frutales de hoja caduca cultivados en Uruguay, la manzana desde el año 2008 ha sido el cultivo con mayor producción.

La producción de manzana en el periodo 2008-2017 estuvo comprendida entre 40000 y 60000 t.



Fuente: adaptado de FAO (2019).

Figura No. 2. Evolución histórica del rendimiento y la superficie cultivada de manzana en Uruguay

Según lo que se observa en la Figura 2, en cuanto a la evolución de la superficie luego de su máximo en el 2008, la misma se nota disminuida hasta el final del periodo detallado, tendiendo a estabilizarse en los últimos años. En cuanto al rendimiento, se puede observar que año a año varía, ya sea por problemas climáticos, sanitarios, por diferencias en manejos y densidades o por la combinación de estos factores. En este periodo de 10 años el rendimiento estuvo comprendido entre 130-220 t.

El destino de la producción frutícola de Uruguay es mayoritariamente el mercado interno. Tal es así que en la zafra 2015-2016 el 85,3 % de la producción se destinó a la venta en fresco, el 8,5% a la industria y el 6% se exportó (MGAP. DIEA, 2016).

La manzana, se ofrece durante todo el año en la plaza local del Mercado Modelo. Desde comienzos del año hasta el mes de abril, el producto ofertado es recién cosechado y luego aparece el producto conservado en cámaras frigoríficas. Dicho producto, a partir del mes de setiembre puede presentar problemas de calidad característicos de la maduración del fruto, en estos casos y si la producción de la zafra no llega a abastecer el mercado

interno, es que se oferta producto importado de la región y/o de Europa. También se oferta producto conservado en cámaras refrigeradas en condiciones de atmósfera controlada (AC) presentando generalmente condiciones distintas a las manzanas conservadas en cámara común (MGAP. DIGEGRA. MM, 2015). Esto ocurre debido a que se modifica la composición gaseosa reduciendo los niveles de O<sub>2</sub> y aumentando los niveles de CO<sub>2</sub> y así se enlentecen las reacciones bioquímicas y disminuyen las pérdidas por podredumbre (Artés-Calero, 2006).

### 2.1.3 Variedades: Red Delicious y Fuji

Como lo muestra el Cuadro 3, para la zafra de manzana producida en Uruguay en la temporada 2015-2016, el grupo compuesto por la variedad Red Delicious fue el segundo con mayor superficie representando el 15% del total de las hectáreas en producción y aportando el 7,8% de la producción total. En cambio, el grupo compuesto por la variedad Fuji representó tan solo el 2,5% del total de la superficie y 2,9% del total de la producción. En cuanto al rendimiento, si bien la variedad Red Delicious se presentó un rendimiento mayor que Fuji, no son de las variedades más productivas ya que otras variedades como Granny Smith, Top Red, Gala, entre otras que superan su cantidad.

Cuadro No. 4. Superficie y producción nacional de variedades de manzana

	Superficie		Producción		Rendimiento (kg/ha)
	ha	%	t	%	
<b>TOTAL</b>	<b>2677</b>	<b>100</b>	<b>37675</b>	<b>100</b>	<b>14</b>
<b>Granny Smith</b>	311	11,6	6385	16,9	23
<b>Red Chief</b>	489	18,3	4738	12,6	13
<b>Early Red One</b>	300	11,2	4541	12,1	14
<b>Cripps Pink</b>	213	8,0	4441	11,8	11
<b>Red Delicious</b>	398	14,9	2938	7,8	13
<b>Royal Gala</b>	129	4,8	2159	5,7	11
<b>Mondial Gala</b>	68	2,5	1876	5,0	13
<b>Top Red</b>	198	7,4	1806	4,8	17
<b>Brasil Gala</b>	62	2,3	1385	3,7	12
<b>Oregon Spur</b>	88	3,3	1081	2,9	14
<b>Fuji</b>	67	2,5	1076	2,9	11
<b>Scarlet Spur</b>	70	2,6	877	2,3	12

<b>Gala</b>	44	1,6	738	2,0	15
<b>Gala Broockfield</b>	26	1,0	656	1,7	14
<b>Red Spur</b>	47	1,8	496	1,3	14
<b>Galaxy</b>	17	0,6	493	1,3	12
<b>Fuji Suprema</b>	12	0,4	440	1,2	15
<b>Otras</b>	140	5,0	1549	4,0	12

Fuente: adaptado de MGAP. DIEA (2018).

Las manzanas del grupo Red provienen de árboles moderadamente vigorosos, de precocidad y productividad media, ampliamente adaptable a ambientes diversos ya que resisten al calor, la sequía y el granizo. Son de tipo diploide y requieren de un polinizador. Presentan un requerimiento de frío medio a alto, demandando entre 1200-1300 unidades. La cosecha se realiza a los 140-160 días después de plena floración, correspondiendo al mes de marzo en Uruguay (Ferree y Warrington, 2003).

Fuji es la descendencia de un cruzamiento entre Ralls Janet x Delicious realizado por Niitsu en 1939. El árbol es vigoroso y presenta una buena productividad, pero en los primeros años el crecimiento es lento. Al igual que las manzanas del grupo Red, es diploide y requiere de un polinizador. Tiene una tolerancia intermedia a inundaciones, resiste muy bien al frío, pero sus requerimientos son menores que los de las del grupo Red, con un valor de 1050 unidades. Su cosecha se realiza a los 140-160 días después de plena floración, correspondiendo en Uruguay a marzo-abril (Ferree y Warrington, 2003).

Como se puede observar en el Cuadro 5, la temperatura de conservación y la concentración de O<sub>2</sub> recomendada para ambas variedades es la misma, en cambio la concentración de CO<sub>2</sub> recomendada para Fuji es menor. Otra diferencia observada es que la variedad Red Delicious puede llegar a almacenarse por mayor tiempo.

Cuadro No. 5. Temperatura y atmósfera controlada (AC) recomendada para el almacenamiento de manzana

<b>Variedad</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Concentración de O<sub>2</sub></b>	<b>Concentración de CO<sub>2</sub></b>	<b>Almacenamiento AC (meses)</b>
<b>Red Delicious</b>	0-1	1-2	1-3	7-11
<b>Fuji</b>	0-1	1-2	≤1	7-9

Fuente: adaptado de Mitcham y Mitchell (2002).

## 2.2 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS EN FRESCO

### 2.2.1 Definición

Los productos mínimamente procesados en fresco (PMPF), son aquellas frutas y/u hortalizas listas para consumir, que han sufrido operaciones físicas tales como: lavado, sanitizado, cortado, pelado, envasado, pero sin alterar su estado natural y fresco (Pereyra, 2011). Reciben diversas denominaciones tales como: de cuarta gama (IV gama), mínimamente o ligeramente procesados, listos para consumir, productos frescos cortados o productos recién cortados (Yucra y Zapana, 2009).

Estos alimentos deben ser envasados con láminas/envases plásticos de forma de generar una atmósfera modificada (AM) y deben de conservarse y comercializarse bajo refrigeración. A diferencia de los productos enteros, los productos que han sido sometidos a un procesamiento mínimo incrementan su perecibilidad, por lo tanto, su vida útil varía entre 7 y 14 días (Tapia et al., 2015)

Entre las características que han propiciado su desarrollo, se incluyen las siguientes:

- Al ser productos listos para comer, permiten ahorrar tiempo en la preparación de las comidas,
- Están disponibles con calidad uniforme y constante durante todo el año,
- Son fáciles de almacenar debido a que ocupan un espacio menor al ser fraccionados,
- Conservan las características de los productos frescos de los que derivan,
- Son inocuos porque requieren ser preparados bajo ciertos estándares de calidad (De la Vega 2011, Pefaur 2014).

### 2.2.2 Origen y mercado de los PMPF mundialmente y en Uruguay

Las frutas y hortalizas frescas son elementos sustanciales de la dieta humana, por lo tanto, la introducción en el mercado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas es una técnica de gran importancia para facilitar su consumo (Rodríguez et al., 2016). Diversos cambios en la población como ser en los hábitos alimenticios, el ritmo de vida, trabajo fuera de la casa etc. han provocado la demanda de productos naturales, frescos, saludables y listos para consumir como son los PMPF (Robledo, 2007).

La industria de PMPF surgió con el fin de contemplar la demanda de productos frescos, naturales, listos para consumir. Los PMPF están disponibles en el mercado norteamericano desde los años 30 del siglo pasado pero su producción realmente comenzó a crecer a partir de la década de los 50, con el surgimiento de las redes de alimentación rápida, que fueron uno de los primeros emprendimientos en demandar estos tipos de productos, precisamente lechuga MPF (Moretti, 2007).

En Uruguay, desde su aparición en el año 2000, el consumo ha ido creciendo lento, pero de forma sostenida en hogares, hoteles, restaurantes, instituciones de salud, entre otras. Las empresas que se dedican a procesar este tipo de productos son muy pocas y de pequeña escala, utilizando equipos sencillos y baratos. El insuficiente nivel de coordinación con la producción es una de las limitantes que se evidencian en la industria nacional, determinando que las variedades con las que se trabaja no sean las adecuadas (Pacheco y Silveira, 2012).

## 2.3 ELABORACIÓN DE LOS PMPF

### 2.3.1 Generalidades

Las etapas para elaborar PMPF se dividen en operaciones unitarias. Estas operaciones deben ubicarse en zonas diferentes para evitar la contaminación cruzada entre la materia prima que ingresa y los alimentos listos para consumir.

Para alcanzar una calidad final óptima es esencial definir buenas prácticas agrícolas y de manufactura, siguiendo una secuencia de etapas en la línea de elaboración. De ésta forma es posible proteger a los productos de diversos daños físicos, mecánicos y de contaminaciones ya que las operaciones involucradas en la elaboración apuntan a garantizar seguridad alimentaria, óptima calidad organoléptica y nutritiva, disminución de pérdidas y mayor vida útil (Cenci, 2011).

También es muy importante contar con materia prima de excelente calidad que asegure las condiciones del producto final, la perfecta higiene durante el proceso, refrigeración permanente del producto a temperaturas inferiores a 5°C para luchar contra los procesos degradativos aumentando la calidad y la vida útil del producto (Aguayo, 2003).

Las series de operaciones a las que son sometidos los PMPF, desde la cosecha hasta consumo, dependen del producto en cuestión, pero las comunes a la mayoría son: pre-enfriado luego de la cosecha de la materia



prima; selección y clasificación de la materia prima; lavado del producto entero; pelado; cortado; lavado y desinfección del producto cortado; secado; pesado; envasado y distribución (Silveira 2009, Cabezas 2013). Una vez cosechadas las frutas o las hortalizas deben de pre-enfriarse para bajar el calor de campo de forma de enlentecer los procesos biológicos degradativos. El pre-enfriado puede realizarse mediante aire forzado, enfriamiento al vacío o por inmersión o duchas con agua fría (Silveira 2009, Silveira et al. 2015a). Lo ideal es que el procesamiento se realice el mismo día de la cosecha, pero en caso contrario debe de mantenerse la materia prima en conservación frigorífica (Kluge et al., 2016).

### 2.3.2 Selección y clasificación de la materia prima

Previo al procesamiento, se debe realizar una selección y clasificación de la materia prima (MP) con el fin de asegurar homogeneidad y calidad del material a tratar, basándose en descartar productos con daños físico, fisiológico y/o patológico, que resultan inapropiados para procesar (González y Lobo, 2005).

Se deben eliminar aquellas partes no aptas para el consumo y no procesables, como hojas viejas, tallos, raíces e inflorescencias deterioradas, fragmentos con presencia de suciedad en exceso, pudriciones, mala formación, con daños fisiológicos o mecánicos. La clasificación se relaciona con diversos factores: tamaño, forma, color, firmeza, magulladuras, superficies cortadas, alteración y solidez. Dicha etapa se puede realizar mecánicamente mediante equipos o manualmente por personas entrenadas en mesas de acero inoxidable, limpias y sanitizadas. La eliminación de las partes no comestibles se debe hacer con cuchillos de acero inoxidable sanitizado (Andrade et al. 2007, Cenci 2011).

### 2.3.3 Lavado, pelado y cortado

El primer lavado que se realiza en la línea de procesamiento es a la MP, y tiene como objetivo eliminar el exceso de suciedad traído del campo que se encuentra en la superficie del producto como ser hojas, tallos, materia orgánica o microorganismos. Este paso optimiza el lavado posterior del producto cortado y reduce los recuentos microbianos. Dicho lavado debe realizarse con agua potable, su temperatura debe ser preferiblemente menor a 5°C. Para facilitar la remoción de las impurezas es recomendable que se realice con agua en agitación o con ayuda de esponja. Dicha operación puede realizarse de forma manual o mecánica (González y Lobo 2005, Andrade et al. 2007, Silveira et al. 2015a).

La etapa de pelado y cortado es crítica en la línea de proceso, ya que dichas manipulaciones influyen en la calidad final y vida útil del producto procesado. Al provocar un daño físico ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y microbiológicos. Por lo tanto, con el fin de reducir dichos cambios, es necesario contar con un estricto control de la higiene en el ambiente, en los equipos utilizados y en los manipuladores. También es necesario hacer uso de utensilios cortantes afilados y realizar dichas operaciones bajo temperaturas cercanas a 5°C. El pelado puede realizarse mediante vapor, cuchillos o abrasión. El cortado es una operación dirigida a dar forma y tamaño dependiendo de la hortaliza o la fruta a procesar: rebanadas, rodajas, cubos, palillos, rallado, otros (González y Lobo 2005, Cenci 2011).

#### 2.3.4 Lavado, sanitización y enjuague

En el área limpia del proceso de elaboración, se realiza el lavado y la sanitización del producto, operaciones que en general se realizan en paralelo y que tienen por objetivo principal el de eliminar la contaminación cruzada, bajar la carga microbiana, eliminar los exudados celulares liberados durante el procesamiento y como se realiza con agua a baja temperatura (no mayor a 5°C), sirve para enfriar al producto (Silveira, 2009).

Para la sanitización, en general se trabaja con productos químicos en estado líquido que se adicionan al agua de lavado. Comúnmente, se utiliza el lavado por inmersión en agua y es importante que el agua esté en constante movimiento con el fin de poder eliminar los contaminantes que están adheridos a la superficie (Inestroza-Lizardo et al., 2015).

El proceso de sanitización se realiza a través de métodos físicos y químicos, la elección entre uno y otro y entre las diferentes opciones en cada método, va a depender de las características de la superficie expuesta del producto, del tiempo de exposición, de la concentración del agente sanitizante a utilizar, de la fisiología de los microorganismos a controlar, de la carga microbiana inicial, de características del agua de lavado como el pH, la temperatura y el contenido de materia orgánica (De la Vega, 2011).

Sánchez et al. (2018) describen que el tratamiento más utilizado en la industria de los PMPF es la sanitización con compuestos clorados (concentraciones de 50-200 ppm), con tiempos de inmersión inferiores a 5 minutos, siendo el hipoclorito de sodio (NaClO) y el hipoclorito de calcio (Ca(ClO)<sub>2</sub>) los más comúnmente empleados. Debido a que el hipoclorito puede reaccionar con la materia orgánica presente en el agua y formar compuestos

nocivos para los consumidores, es que se está utilizando el dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) como alternativa.

Luego de aplicar un método químico de sanitización se debe enjuagar el PMPF con agua potable (Gil et al., 2009) con el fin de eliminar los restos de aditivos químicos de la superficie del producto y evitar cambios sensoriales.

### 2.3.5 Aplicación de tratamientos adicionales

Dependiendo del tipo de producto elaborado es que se realizan aplicaciones químicas adicionales de antioxidantes, correctores de acidez, secuestrantes, texturizantes, entre otros. Los compuestos antioxidantes se utilizan con el fin de evitar la aparición del pardeamiento y dentro de éstos aparecen productos tales como ácido ascórbico, sulfito, metabisulfito, ácido eritórbito. Los correctores de acidez y secuestrantes de metales como el ácido cítrico y ácido málico también actúan sobre el pardeamiento inhibiendo la actividad de la enzima responsable (polifenol oxidasa, PPO). Las inmersiones en soluciones con sales de calcio previenen o disminuyen los cambios de textura (González y Lobo, 2005).

### 2.3.6 Ecurrido, centrifugado o secado

Esta etapa se realiza con el objetivo de retirar el exceso de agua que se acumula en los productos durante las etapas anteriores y de esta forma evitar comprometer la calidad del producto ya que, en presencia de agua libre, el crecimiento de los microorganismos se ve favorecido. La eliminación del agua se puede realizar por escurrido, centrifugado o secado. Si se realiza una centrifugación el tiempo ideal dependerá del tipo de centrifuga, de la velocidad de rotación empleada y del producto elaborado. El secado se puede realizar con aire frío seco o por infrarrojos (González y Lobo 2005, Andrade et al. 2007, Kluge 2016).

### 2.3.7 Pesado y envasado

Luego de tener el producto cortado, sanitizado y centrifugado se procede con el pesado y envasado. El pesado se realiza con el fin de obtener un producto homogéneo.

El envasado tiene como fin, aislar del medio ambiente al producto, evitando su contaminación y manteniendo sus características hasta la hora del consumo. Puede hacerse en bolsas, bandejas o tarrinas, dependiendo del producto. En el caso específico de este trabajo, el envasado de las manzanas se realizó en bolsas. La película plástica utilizada deberá haber sido seleccionada previamente dependiendo de su permeabilidad a los gases (O<sub>2</sub>,

CO<sub>2</sub>). El envase debe de quedar cerrado herméticamente de manera que no exista ningún intercambio con el medio ambiente más del que permite la película plástica utilizada (Silveira, 2009).

Como todo producto que sale a la venta, en el envase debe de aclarar las instrucciones de conservación del alimento y el plazo máximo en el que debe ser consumido.

### 2.3.8 Conservación y distribución

Los envases pueden ser ordenados en cajas, las cuales luego se apilan en pallets y se conservan en cámaras frigoríficas a 0°C hasta el momento de la distribución.

La distribución del PMPF, es decir el traslado del producto desde el lugar donde fue producido hasta el punto donde va a ser vendido o consumido, debe de realizarse rápidamente y eficazmente para el mantenimiento de la calidad. Una reducción en la manipulación, una descarga rápida del producto desde el camión refrigerado hasta el punto de venta también refrigerado y una correcta rotación de los productos es decir que los primeros en entrar sean los primeros en salir a la venta, mantendrá los atributos del producto elaborado (González et al., 2010).

## 2.4 FISIOLÓGÍA DE LOS PMPF

Los productos frescos enteros son diferentes a los mínimamente procesados ya que el procesamiento mínimo de vegetales y frutas ocasiona cambios físicos y fisiológicos afectando la tasa metabólica de los productos debido a las operaciones que se les realizan durante la elaboración, principalmente el corte y el pelado (Cenci 2011, Valerga et al. 2018). Por lo tanto, la fisiología de los PMPF corresponde a la fisiología de tejidos vegetales dañados que han sufrido estrés (Kluge et al., 2016).

El estrés sufrido por los tejidos vegetales genera diversas respuestas fisiológicas tales como aumentos en la respiración y en la emisión de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, degradación de lípidos de las membranas, acumulación de metabolitos secundarios, acelera la maduración y la senescencia, provoca cambios en la biosíntesis de enzimas asociadas con un aumento de la velocidad de otras reacciones bioquímicas responsables del cambio de color (pardeamiento enzimático), sabor, aroma, textura y valor nutritivo al afectar a los azúcares, ácidos y vitaminas entre otros. El corte aumenta la superficie expuesta a la atmósfera facilitando la penetración del O<sub>2</sub> a las células, favorece la contaminación microbiana y la deshidratación (Aguayo 2003, Brecht et al. 2007, Yucra y Zapana 2009).

La variedad, el manejo y las condiciones de producción, el estado de madurez, la calidad del equipo de cortado y pelado, el tamaño de la pieza y las condiciones de almacenamiento afectaran la respuesta fisiológica de los productos elaborados (Cantwell y Suslow, 2002).

## 2.5 FACTORES QUE LIMITAN LA VIDA ÚTIL DE LOS PMPF

### 2.5.1 Respiración

Los vegetales y las frutas son organismos vivos los cuales una vez cosechados siguen respirando. La respiración es el proceso fisiológico principal donde los compuestos orgánicos almacenados en el producto como almidón, azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y grasas son degradados a compuestos más simples liberando energía, consumiendo  $O_2$  y produciendo  $CO_2$  (Kader 2007, Rojas-Graü et al. 2015).

En tejidos dañados el aumento del  $C_2H_4$  estimula la respiración para curar la herida generada. Esta respuesta al daño va a depender de la magnitud del estrés ocasionado. Por lo tanto, en PMPF la respiración se ve aumentada entre dos a cinco veces más que un producto entero (Cantwell y Suslow 2002, Yucra y Zapana 2009, González et al. 2010b, Inestroza-Lizardo et al. 2015, Pérez et al. 2016). Tal es así que Gübeli (2012) reportó que los cascos de manzana Royal Gala conservados a  $5^\circ C$  presentaron tasas respiratorias entre 8 y 20  $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$  siendo estas superiores a la tasa de fruto entero, comprendida entre los 2,7 y 5,1  $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$ . Alday (2012) también reportó que los cascos de manzana Red Delicious conservados a  $5^\circ C$  presentaron mayor tasa respiratoria comparado a la del fruto entero ya que el PMPF alcanzó valores de 20  $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$  y el fruto entero registró valores entre 8 y 10  $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$ .

La tasa respiratoria aumenta enseguida del corte, pero luego disminuye. El aumento y su duración varían según el tipo de producto y es afectado por el estado de madurez, el tiempo de conservación previo al procesado, el tipo de tejido, la intensidad del daño, la composición de la atmósfera y la temperatura de almacenamiento (Park et al. 2003, Silveira 2009). Por ejemplo, y vinculado al grado de madurez, bastones de morrones verdes presentaron menor tasa respiratoria que los de morrones rojos, con valores entre 11 y 8  $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$  respectivamente (Rodoni, 2014).

Las reacciones metabólicas como la respiración se reducen de dos a tres veces por cada  $10^\circ C$  de disminución de la temperatura (Núñez, 2012). Alday (2012) comparó la tasa respiratoria de cascos de manzana Red Delicious conservados a  $5^\circ C$  y  $8^\circ C$ , que presentaron valores de 20 y 30  $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$  respectivamente. Madonna et al. (2018) determinaron que la tasa

de respiración de coliflor mínimamente procesado fue significativamente más alta que la de un coliflor sin procesar y que la temperatura de almacenamiento afectó la tasa respiratoria. Es así que los resultados fueron de 238,5 y 157,5 mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 15 ° C; 120 y 77,5 mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 5 ° C y 66 y 44,4 mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para coliflor mínimamente procesado y entero. Altas tasas de respiración provocan pérdidas en la calidad, en el sabor y en el valor nutritivo, como consecuencia el tiempo de vida útil de los productos disminuye, siendo la tasa de deterioro proporcional a la tasa respiratoria (Tapia et al., 2015).

### 2.5.2 Emisión de etileno

El C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> es un fitorregulador que afecta los procesos fisiológicos de las plantas y al ser un producto natural del metabolismo de la misma, es producido por todos los tejidos. Cumple un papel importante en la regulación de la maduración y en la senescencia de los productos frutihortícolas tanto enteros como MPF, siendo fisiológicamente activo a muy baja concentración, menos de 0,1 ppm (Kader 2007, Rodoni 2014).

El daño que sufre un producto procesado, induce la síntesis de la enzima ácido 1- aminociclopropano 1 carboxílico sintasa (ACC sintasa) siendo el ACC precursor inmediato del C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, por lo tanto, tejidos dañados inducen a la producción de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, el cual contribuye a la síntesis de enzimas responsables del deterioro (Aguayo 2003, González et al. 2010). El pico de producción de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> se produce inmediatamente del corte, entre las 6 y 12 h posteriores (Silveira, 2009).

El efecto del corte en la emisión de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> va a depender de si el producto es climatérico o no climatérico, de su maduración, del área dañada, de la intensidad del estrés provocado, de la temperatura, de las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y de la contaminación microbiana (Aguayo 2003, Kader 2007, Tapia et al. 2015). El cortado de fresa almacenada a 2,5°C no tuvo efecto en la síntesis de etileno, en cambio el cortado en pera (fruto climatérico) presentó una disminución en la emisión de etileno (Aguayo, 2003). Cilindros de melones Cantaloupe menos maduros presentaron una emisión de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> menor que melones más maduros (Cantwell y Suslow, 2002).

### 2.5.3 Deterioro de membranas

El estrés ocasionado en los tejidos vegetales a causa de las operaciones realizadas para elaborar el producto, ocasiona modificaciones en la membrana, que determinan una pérdida de componentes lipídicos y de la permeabilidad, lo cual conduce a la descompartmentalización celular poniendo en contacto a enzimas y sustratos (Brecht et al., 2007).

El  $C_2H_4$  que se produce luego del corte reduce la biosíntesis de los fosfolípidos y aumenta la permeabilidad de las membranas celulares favoreciendo así el deterioro (González et al., 2010).

#### 2.5.4 Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático es considerado una de las principales limitantes de la vida útil, en aquellos PMPF donde ocurre, porque la alteración del color, está asociada a dicho factor (Denoya et al. 2012, Rodríguez et al. 2016). La apariencia es el atributo más apreciable por el consumidor y generalmente afecta a la decisión de la compra. El color es una propiedad fundamental de la apariencia ya que se lo relaciona con la frescura o la madurez del producto (Gübeli, 2012).

Durante la elaboración de los PMPF, tal como fuera mencionado en la sesión anterior, se daña la compartimentalización de los tejidos y ocurre la interacción entre la enzima PPO localizada en el citoplasma, con los compuestos fenólicos ubicados en las vacuolas. En presencia de  $O_2$  y cobre reducido, dicha enzima cataliza la oxidación de los compuestos fenólicos a o-quinonas las cuales sin intervención de enzimas se polimerizan y forman melaninas responsables de los colores pardos (Laurila et al. 1998, Toledo 2009). Dicho estrés ocasionado provoca un aumento en la producción de  $C_2H_4$  como respuesta fisiológica para reducir la pérdida de agua y prevenir el ataque de patógenos; este aumento estimula la acción de la enzima fenilalanina amonioliasa (PAL) la cual metaboliza compuestos fenólicos, sustratos de la reacción de pardeamiento.

El pardeamiento enzimático puede ser controlado inactivando a la enzima, reduciendo la disponibilidad o eliminando al sustrato y/o a los productos de la catálisis enzimática y/o modificando las condiciones ambientales vitales para que ocurra la reacción de pardeamiento tales como la temperatura, el pH o la concentración de  $O_2$  (Silveira, 2017). Existen métodos físicos y métodos químicos para controlar dicho proceso. Dentro de los físicos, reducción de la temperatura, reducción del  $O_2$  disponible, utilización de AM o recubrimientos comestibles y tratamientos con irradiación gamma o altas presiones hidrostáticas (Denoya et al., 2012).

Los métodos químicos son los más empleados y pueden ser agentes acidulantes, quelantes, antioxidantes y complejantes y de firmeza. Los compuestos acidulantes como el ácido cítrico, málico y fosfórico inhiben el efecto de la PPO al mantener el pH por debajo de los valores óptimos (pH 5-7) de la actividad de la enzima (Guerrero 2009, Silveira 2017). Los agentes quelantes capturan el cobre del sitio activo de la enzima formando quelatos impidiendo que dicho elemento se encuentre disponible para la reacción de

pardeamiento (Sepúlveda, 2010). Los agentes antioxidantes y complejantes o reductores como por ejemplo el ácido ascórbico, ácido eritórbico, ácido elágico, N-acetil cisteína, clorhidrato de cisteína y glutatión, los cuales reducen las *o*-quinonas a *o*-difenoles no coloreados. El ácido ascórbico es el más utilizado, es efectivo para el control, pero al consumirse en la reacción, luego de su oxidación completa no cumple su función de controlar el pardeamiento, su efectividad va a depender de factores ambientales como el pH, la actividad del agua, la temperatura, la luz y la composición de la atmósfera (Ioannou y Ghoul 2013, Silveira 2017). Los agentes de firmeza como las sales de calcio son utilizados para fortalecer las paredes celulares para evitar su destrucción y así evitar el contacto de la enzima con los polifenoles (Ioannou y Ghoul, 2013).

Generalmente todos los métodos utilizados tienen una efectividad limitada por lo que la combinación entre ellos es de gran utilidad para obtener mejores beneficios. Los acidulantes frecuentemente se utilizan en forma conjunta con agentes antioxidantes ya que controlando solo el pH no se logra inhibir completamente el pardeamiento. Por ejemplo, varios autores mencionan que el ácido cítrico y el ácido ascórbico combinados presentan un efecto sinérgico (Denoya et al. 2012, Silveira 2017). La combinación de métodos físicos con químicos también resulta de gran utilidad. En este sentido la inmersión en un agente químico, a menudo se combina con un método físico como los recubrimientos permitiendo el primero una protección instantánea y el segundo una protección que depende del tiempo (Ioannou y Ghoul, 2013).

#### 2.5.5 Ablandamiento

La apariencia y la textura son algunas de las características más indeseables a la hora de consumir un PMPF. El ablandamiento o pérdida de firmeza implica cambios en la textura. La firmeza está determinada por el tamaño y forma de la célula, por el espesor de la pared celular, por la adhesión entre células y por el estado de turgencia (Koyuncu et al. 2010, Altisent et al. 2014, Cortellino et al. 2015). La celulosa, hemicelulosa y las pectinas son los componentes principales de la pared celular. Las pectinas al ser hidrófilas presentan como función principal la hidratación de las paredes y actúan como ligando entre células. Durante el proceso de elaboración de los PMPF el corte ocasiona daños en la célula permitiendo la liberación de enzimas hidrolasas capaces de solubilizar y despolimerizar a las pectinas (Robledo 2007, Silveira 2009).

Las principales enzimas hidrolasas son la poligalacturonasa (PG) y la pectin metil esterasa (PME). La PME prepara la pared para que luego actúe la PG, ya que la primera, desmetila a las pectinas, produciendo moléculas de



alto peso molecular y dejándolas accesibles para la acción de la PG la cual es la encargada de polimerizar a dichas moléculas pasando a ser de bajo peso molecular (Aponte y Guadarrama, 2003).

Durante la maduración misma de la fruta, el ablandamiento se ve afectado ya que ocurren cambios a nivel de las paredes celulares, donde los polímeros sufren modificaciones y las células se separan con mayor facilidad debido a que las pectinas no están tan adheridas a causa de la degradación y disolución de la laminilla media.

Para controlar la pérdida de firmeza se puede aplicar tratamientos previos al almacenamiento de la materia prima destinada a la elaboración de los PMPF. Dichos tratamientos pueden ser físicos como tratamientos térmicos y uso de radiaciones los cuales producen la inactivación de las enzimas responsables del ablandamiento (Silveira, 2017). Silveira y Zaccari (2015b) reportaron que los tratamientos térmicos redujeron el ablandamiento en papas, peras, cerezas, melones, tomates, entre otros. El manejo de la composición de la atmósfera y las bajas temperaturas también son técnicas que controlan dicha pérdida. El agregado de calcio, está siendo considerado como una posible técnica para mantener la firmeza ya que el ablandamiento es proporcional al nivel de calcio presente en los tejidos. La actuación de dicho nutriente es estabilizar a las membranas y aumentar la rigidez de la laminilla media y de las paredes celulares como también retardar la acción de las enzimas responsables de la degradación como la PG. Las formas de calcio más utilizadas en la industria alimentaria son el cloruro de calcio, lactato de calcio, propionato de calcio y gluconato de calcio (González y Lobo 2005, Gübeli 2012, Silveira y Zaccari 2015b, Silveira 2017).

#### 2.5.6 Crecimiento microbiano

Los productos mínimamente procesados son propensos a la contaminación microbiana ya sea directamente de la MP o por contaminación cruzada durante su elaboración y distribución. Para retrasar el crecimiento microbiano o evitar su incremento hay que tener en cuenta la higiene del área y de los equipos de trabajo, la higiene de los operarios, la calidad de la MP, la calidad del agua de lavado, la utilización de un agente sanitizante así como su constante monitoreo, la centrifugación del PMPF de forma de eliminar el exceso de agua libre favorable para el crecimiento y la mantención de la temperatura baja durante y después del procesamiento (Cantwell y Suslow 2002, De la Vega 2011).

La proliferación de los microorganismos principalmente se da en la zona de corte de los productos a causa de que se destruyen las barreras naturales y liberan exudados celulares que pasan a ser nutrientes para la

actividad microbiana (Rojas-Graü 2007, De la Vega 2011). Por lo tanto, los recuentos microbianos de una fruta entera son más bajos que los de una fruta cortada (Graça et al., 2015).

La temperatura es probablemente el factor más importante que afecta la supervivencia y el crecimiento de patógenos (Capozzi et al., 2009) ya que cada microorganismo tiene un rango de temperatura óptima de crecimiento, creciendo más lento a temperaturas exteriores a dicho rango. Por ejemplo, los aerobios mesófilos totales crecen a temperaturas templadas (óptimas 30-45 °C), en cambio los psicrófilos a temperaturas más bajas (óptimas 12-15 °C). Temperaturas bajas retardan el deterioro porque impiden el crecimiento de varios patógenos, pero las bacterias psicrófilas se ven beneficiadas. También la sensibilidad a la AM es diferencial para cada microorganismo, pero inhibe el crecimiento de la mayoría siendo esta técnica uno de los métodos de control (Cantwell y Suslow 2002, Vanetti 2007).

Existen métodos físicos y químicos para controlar o inhibir el crecimiento de los microorganismos. Dentro de los físicos se encuentran los tratamientos térmicos, irradiaciones, radiación UV-C (Capozzi et al. 2009, Silveira y Zaccari 2015b). Los métodos químicos consisten en utilizar soluciones de lavado con algún sanitizante como por ejemplo cloro sólido, líquido o gas, dióxido de cloro, peróxido de hidrogeno, ozono, entre otros (Capozzi et al., 2009). La dosis utilizada para el control de los microorganismos dependerá del tipo de producto y de la carga microbiana inicial (Silveira y Zaccari, 2015b). Tanto los métodos físicos como los químicos que se utilizan para el control de los microorganismos, son también útiles en la reducción de la actividad de las enzimas responsables de la maduración y senescencia tal como se mencionó en la sesión previa.

Uno de los orígenes principales de los microorganismos se da durante su producción agrícola, elaborar un PMPF a partir de materia prima con alta carga, determinará que la operación de sanitización no sea tan efectiva ya que los microorganismos pueden sobrevivir y hospedarse en zonas donde el sanitizante no penetra, como en los huecos de conexión de las células epidérmicas y en los pliegues de la epidermis (Aguayo 2003, Capozzi et al. 2009, Graça et al. 2015).

La flora encontrada en un producto procesado y su respectivo crecimiento varía según el tipo de producto (Capozzi et al., 2009). Generalmente los microorganismos presentes son bacterias mesófilas y psicrófilas pertenecientes a las familias *Enterobacteriaceae* y *Pseudomonadaceae*. Siendo las *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Enterobacter*, *Chromobacterium* y *Flavobacterium*, además de bacterias lácticas, los géneros

de bacterias que están relacionados con el deterioro de estos tipos de productos. Los hongos y las levaduras se encuentran en menores niveles que las bacterias (Vanetti, 2007).

Los recuentos microbiológicos no indican la seguridad de un producto, sirven como indicador del deterioro ya que para evaluar el riesgo se necesitan pruebas específicas para cada patógeno (Cantwell y Suslow, 2002).

## 2.6 MANEJO Y TECNOLOGÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD

### 2.6.1 Peculiaridades de la materia prima

Previo al procesado es necesario realizar una adecuada selección del material vegetal, ha de seleccionarse principalmente desde dos puntos de vista: la variedad dentro de cada especie y el estado de madurez (Hernández et al., 2007).

En cuanto a la selección, es de suma importancia elegir la variedad adecuada ya que no todas se comportan de la misma manera frente al procesado debido a que presentan diferentes comportamientos metabólicos, sensoriales y de calidad nutricional (Silveira, 2009). Hernández et al. (2007), Gorny et al., citados por Silveira (2009), estudiaron el comportamiento de 13 variedades de duraznos y 8 de nectarinas mínimamente procesados y observaron que tan solo tres variedades de cada especie presentaron una buena calidad organoléptica, con una vida útil de 7 días para duraznos y de 8 y 12 días para nectarinas. En base a esto, los autores concluyeron que la selección del cultivar adecuado es un factor importante que determina la vida comercial del PMPF.

Otro de los aspectos importantes al momento de seleccionar la MP, es tener en cuenta el estado de madurez. Es importante elegir fruta lo suficientemente madura organolépticamente como para que las características como los aromas y sabores propios se hayan desarrollado, pero no sobremadura porque se deterioraría rápidamente e incluso podría presentar aromas y sabores no deseables. Diferentes trabajos amparan este hecho como el de Hernández et al. (2007) que determinaron que mangos mínimamente procesados del cv. Keitt maduro al 100% presentaron una vida comercial menor debido a una, mayor pérdida de firmeza y una modificación del color, medido como croma, comparado con aquellos mangos procesados al 80% maduro. En peras cv. Bartlett, que fueron procesadas parcialmente maduras o verdes (45-71 N) tuvieron mayor vida comercial que las procesadas maduras (31-44 N, Gorny et al., citados por Hernández et al., 2007).

Luego de seleccionar la variedad y el estado de maduración hay que tener en cuenta otros aspectos como los niveles microbiológicos, la presencia de insectos, el deterioro de color, la presencia de podredumbres y defectos que en general disminuyen la calidad de la MP. Elaborar productos con MP de mala calidad, además de impactar negativamente en la capacidad de comercialización de dichos productos, afecta la productividad de las industrias ya que se vuelve necesario contratar más mano de obra para lograr una buena selección de productos, incrementando los costos de producción (Cenci, 2011).

### 2.6.2 Sanitizantes

La etapa de sanitización es una de las etapas críticas del proceso ya que influye directamente en la preservación de la calidad, en la inocuidad y en la vida útil del producto y tiene como fin evitar la contaminación cruzada y disminuir la carga microbiana. Para evitar dicha contaminación no solo debe tenerse en cuenta la sanitización del agua de lavado, sino también la sanitización de todo aquello que vaya a entrar en contacto con el producto, las paredes, equipos, mesas y demás herramientas de trabajo, además de las manos de los operarios que además de higienizarse deben trabajar con la indumentaria correcta (Gil et al. 2009, Baeza et al. 2015).

Los compuestos clorados son los sanitizantes más utilizados en la industria alimentaria. Se han utilizado para sanitizar superficies y reducir la carga microbiana del agua debido a su bajo costo y facilidad de uso. En la industria de procesamiento mínimo, el hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2$ ) e hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) son los sanitizantes más comúnmente empleados debido a su efectividad y su bajo costo. Estos sanitizantes penetran la pared celular, destruyendo las células de los microorganismos al impedir sus procesos metabólicos. El pH es un factor a tener en cuenta en las soluciones de cloro ya que afecta al equilibrio entre las sustancias químicas que se forman cuando el cloro se disuelve en agua. Utilizando soluciones de pH 6 se logra conseguir alta efectividad (97%), en cambio si el pH es 8 la efectividad disminuye a 23% y si el pH desciende mucho se produce la formación de cloro gas el cual al liberarse puede causar intoxicación en los manipuladores (Garmendia y Vero 2006, Silveira et al. 2015a, Baeza et al. 2015). Los agentes clorados son altamente reactivos con la materia orgánica presente en el agua generando subproductos derivados de la sanitización como trihalometanos (Gil et al. 2009, Fuentes 2016). Debido a la preocupación de estos derivados por su toxicidad para el hombre, los investigadores se han interesado en buscar otras alternativas de sanitización (Silveira et al., 2015a). Sánchez et al. (2018) describen que se está utilizando el dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ) como alternativa al hipoclorito debido a que es más oxidante que el cloro, puede utilizarse en

concentraciones mucho menores (3 ppm, anexo 1) y no participa en ninguna reacción que produzca subproductos nocivos.

Dentro de las alternativas químicas existe el uso de compuestos del oxígeno activo como peróxido de hidrógeno, ácido peroxiacético y ozono. El peróxido de hidrógeno presenta propiedades como agente blanqueador, oxidante y antimicrobiano. Su actividad antimicrobiana está basada en su poder oxidante (González y Lobo, 2005). El ácido peroxiacético es un fuerte agente oxidante que se ha convertido en una buena alternativa de desinfección al ser los productos resultantes no tóxicos y ser ambientalmente amigable. El ozono es un gas a temperatura ambiente con elevada capacidad oxidativa, activo contra bacterias gram-negativas y gram-positivas, hongos, levaduras, virus, protozoos y esporas fúngicas y bacterianas, presentando un nivel desinfectante más amplio y potente que el cloro. Además de presentar control microbiano presenta efectos en el metabolismo del vegetal, oxidando al etileno, reduciendo la respiración y la pérdida de peso entre otros (Aguayo et al., 2017).

El agua electrolizada y compuestos naturales antimicrobianos también pueden ser utilizados para la sanitización. Estos últimos son compuestos químicos de diferente naturaleza, que están presentes en los alimentos de manera natural y que tienen capacidad para impedir y/o detener el crecimiento de microorganismos. Los mismos pueden ser aceites o aromas esenciales, enzimas o bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas entre otros, todos ellos considerados como sustancias GRAS (Generally Recognized as Safe) según lo reportan Silveira et al. (2015a).

Además de las alternativas químicas, existen las físicas como los tratamientos térmicos, las radiaciones ionizantes y no ionizantes, como el ultrasonido y el tratamiento con luz ultravioleta UV-C luz pulsada, agua electrolizada, plasma frío, alta presión hidrostática, pulsos eléctricos, nuevos métodos de envasado como los recubrimientos y películas comestibles con antimicrobianos naturales entre otros (González y Lobo 2005, Gil et al. 2009, Sánchez et al. 2018).

### 2.6.3 Temperatura de conservación previa, durante y posterior a la elaboración del PMPF

El almacenamiento en frío es la técnica más utilizada para la conservación y mantenimiento de frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas (Cáceres et al., s.f. ).

Las temperaturas bajas inactivan enzimas catalizadoras de reacciones de deterioro, disminuyen la reproducción y el crecimiento de microorganismos

patógenos, la pérdida de agua y de nutrientes y la actividad metabólica principalmente por la reducción de la respiración. Es debido a que influyen sobre la velocidad de las reacciones ya que por cada 10 °C de disminución de la temperatura hay una disminución de dos a tres veces de la velocidad de reacción, lo que se conoce como coeficiente de temperatura o  $Q_{10}$  (Silveira 2009, Mery 2011, Inestroza et al. 2016).

Los productos enteros antes de ser procesados deben de conservarse a bajas temperaturas, teniendo en cuenta dos factores: el punto de congelación y la temperatura umbral que produce daño por frío en aquellos productos sensibles a las bajas temperaturas. El daño por frío se manifiesta provocando daños fisiológicos en el producto los cuales apresuran la senescencia y desvalorizan al mismo. La sintomatología se expresa a temperatura ambiente, generalmente no suele ser visible durante la refrigeración (Aguayo, 2003). En el caso de los PMPF, debido a su vida útil muy corta, en general no superior a 10 días, los daños por frío no llegan a manifestarse. Muchas veces sucede que, los tratamientos que se utilizan para disminuir los daños por frío o la conservación a temperaturas mayores provocan un deterioro y una contaminación más rápida del producto siendo esto un problema más grave que los propios síntomas provocados por el daño por frío que podrían llegar a ocurrir (Silveira, 2009).

Debido a que los PMPF fueron sometidos a estrés físico provocado por las operaciones unitarias realizadas durante el proceso de elaboración, son más perecederos que los productos enteros que les dieron origen, por lo tanto, deben ser conservados bajo temperaturas menores; durante todo el proceso de manipulación y elaboración del PMPF y durante toda la cadena de distribución hasta su consumo. Generalmente se recomienda la conservación a 0°C, pero por diversas razones, especialmente económicas, dichos productos son elaborados, conservados y comercializados a temperaturas de entre 5 y 10°C (Silveira, 2009). Por lo tanto, no controlar la temperatura en las diferentes etapas de elaboración del producto y almacenamiento del mismo puede influir negativamente en la calidad y vida útil de los productos mínimamente procesados (Cenci, 2011).

#### 2.6.4 Envasado en atmósfera modificada (AM)

El envasado bajo AM es considerado una tecnología determinante para prolongar la vida útil del PMPF (González y Lobo 2016, Ma et al. 2017). García et al. (2006) reportaron que envasar un PMPF bajo AM alarga su vida útil a más del doble de días que cuando son envasados en aire. Dicha tecnología consiste en envasar el producto en un envase rígido o en una película plástica que debe necesariamente tener permeabilidad selectiva al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y con un

cierre hermético (Artés, 2006). Es un proceso dinámico donde el envase interactúa con el producto envasado para alcanzar un equilibrio en la atmósfera interna. Normalmente se genera la reducción del O<sub>2</sub> y la elevación de la concentración de CO<sub>2</sub> lo cual reduce la velocidad de la respiración (De la Vega, 2011). A su vez retarda el ablandamiento y la maduración de la mayoría de los productos (Silveira 2009, Cortellino et al. 2015). También disminuye la degradación de la clorofila y disminuye el crecimiento microbiano ya que el CO<sub>2</sub> acidifica el medio al solubilizarse y formar ácido carbónico (Aguayo 2003, Escalona 2017). Otra consecuencia es que las reacciones de pardeamiento se reducen al disminuir las concentraciones de O<sub>2</sub> y debido al aumento de CO<sub>2</sub> que bloquea la formación de compuestos fenólicos e inhibe la actividad de la PPO (Escalona, 2017).

Para PMPF se suele recomendar una AM con concentraciones de O<sub>2</sub> entre el 2 y 8% y de CO<sub>2</sub> entre el 5 y el 15%, dependiendo del producto (Escalona, 2017). Un producto mínimamente procesado, al carecer de una cutícula que afecte la difusión gaseosa desde el exterior hacia el interior del mismo, tolera niveles más extremos de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> comparado a un fruto entero (Yucra y Zapana, 2009). Es de gran importancia conocer la tolerancia del producto a los bajos niveles de O<sub>2</sub> y a los altos niveles de CO<sub>2</sub> antes de hacer uso de la AM, ya que, se puede producir un cambio de respiración aeróbica a anaeróbica, generando olores y sabores desagradables debido a la producción de etanol y acetaldehído. También puede suceder que las bolsas se inflen debido a la rápida y excesiva producción de CO<sub>2</sub> y al rápido deterioro microbiano (De la Vega 2011, González y Lobo 2016).

Para alcanzar una determinada atmósfera, se pueden seguir dos caminos. El primero consiste en llegar al equilibrio mediante la interacción entre la respiración del producto, la permeabilidad del polímero y la atmósfera externa, lo que se considera como AM pasiva. En el segundo caso, la composición de la atmósfera regular, es remplazada por una mezcla adecuada de gases (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) que se inyecta desde el exterior, esto se considera como AM activa y se recomienda cuando para alcanzar más rápido la atmósfera deseada a pesar de que implica un costo extra (Escalona, 2017).

La elección de la película plástica es muy importante ya que la permeabilidad a los gases para lograr la interacción adecuada entre la atmósfera interna y externa va a depender del tipo de polímero. Se comercializan variados materiales poliméricos de distinta permeabilidad (Anexos 2). Los más utilizados en el mercado son selectivos al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub> (Silveira, 2009). Además de ser importante la permeabilidad a los gases, la permeabilidad al vapor de agua es relevante ya que se debe prevenir o reducir la humedad del ambiente para evitar una disminución en el peso por deshidratación de los tejidos. Dicho proceso ocurre por la existencia de un

gradiente de vapor de agua entre la atmósfera externa e interna y al estar las frutas y hortalizas constituidas por 90% de agua, pequeñas pérdidas afectan su calidad. Los PMPF están sujetos a pérdidas mayores de agua por tener más superficie expuesta de tejido susceptible ya que con el pelado y/o cortado se elimina la cutícula la cual funciona como barrera a la transpiración (Rocha y Morais 2003, De la Vega 2011).

## 2.7 CALIDAD DEL PMPF

Según Watada y Qi, citados por Artés (2004), la calidad de un producto abarca propiedades sensoriales (apariciencia, textura, sabor, aroma) y nutritivas.

La calidad de los PMPF reúne una combinación de atributos, propiedades y características determinantes para el consumidor, siendo éstos los juzgan a los productos principalmente a través de la apariciencia (Kader, 2002).

### 2.7.1 Propiedades nutritivas y funcionales

Las frutas y hortalizas deben ser parte de la dieta debido a que son muy valiosas por su composición nutricional y por su aporte de sustancias con funciones definidas que son beneficiosas para la salud. Los PMPF constituyen una alternativa para aumentar la ingesta ya que existen consumidores que optan por este tipo de productos debido a que no exigen una preparación adicional (Valerga et al., 2018).

El valor nutritivo de las frutas está determinado por su composición, siendo el agua, proteínas, hidratos de carbono, polisacáridos, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas los componentes principales y esenciales para el organismo humano. También son importantes los compuestos fenólicos como flavonoides y polifenoles, que se encuentran en muy bajas concentraciones y los responsables de los aromas, sabor y textura que afectan a la calidad organoléptica (Chordi, 2013).

La mayoría de las enfermedades son provocadas por radicales libres y el riesgo a las mismas es disminuido por el consumo de antioxidantes (Silveira, 2009). Los radicales libres son átomos que al tener un electrón desapareado para poder alcanzar su estabilidad tienden a captar un electrón de moléculas estables provocando que dichas moléculas se conviertan en un radical libre. La vida media de los radicales es de microsegundos, pero reaccionan con todo lo que está a su alrededor provocando daños a moléculas, membranas celulares y tejidos. Esto se da de forma constante en las células ya que el cuerpo genera radicales libres para su propio uso (control



de musculatura, eliminación de bacterias, regulación de la actividad de los órganos, etc.) pero se debe de controlar el exceso de los mismos con una adecuada protección antioxidante.

Un antioxidante es una sustancia que libera electrones a la sangre y estos son captados por los radicales libres, provocando la neutralización de la acción oxidante de dichos radicales (Avello y Suwalsky, 2006). Los antioxidantes presentes en la dieta se pueden encontrar en forma de vitaminas [Vitaminas como  $\beta$ -caroteno (pro vitamina A),  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E) y ácido ascórbico (vitamina C)], minerales (selenio y cobre) y compuestos no nutritivos, como los fenólicos (Chordi, 2013). Los polifenoles, los carotenoides y el ácido ascórbico forman parte de una porción significativa del total de la capacidad antioxidante de las frutas y hortalizas. Mantener a dichos compuestos en niveles elevados en PMPF es muy importante. De los compuestos fenólicos (polifenoles), los flavonoides (antocianinas, flavonoles, flavonas, flavononas) son la clase más diversa y presentan una muy buena capacidad antioxidante. Otros compuestos fenólicos son los ácidos hidroxicinámico e hidroxibenzoico y los taninos (Brecht et al., 2007).

Piagentini y Pirovani (2017) encontraron una correlación positiva entre la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en las manzanas por lo que especifican que los fenoles presentan una contribución importante en la capacidad antioxidante total de las manzanas. Cocci et al. (2006), Quitral et al. (2014) también han encontrado que las manzanas tienen una gran capacidad antioxidante compuesta principalmente por la fracción de los polifenoles.

En procesamiento suele disminuir la capacidad antioxidante con el tiempo de almacenamiento (Putnik et al., 2017), ya que, cuando son almacenados por 2-3 semanas se producen pérdidas de vitamina C y otros compuestos bioactivos. La degradación de fenoles por la acción de la enzima PPO también provoca una pérdida de dichos compuestos. El pelado y el cortado aceleran los procesos de senescencia y con ello la oxidación de compuestos bioactivos, debido a que se promueve la síntesis del  $C_2H_4$ . También durante la senescencia, se oxidan los ácidos grasos debido a que acciona la enzima lipoxigenasa (Robles et al., 2007).

Durante las operaciones de procesamiento mínimo el ácido ascórbico es degradado por lo que es de esperar que un PMPF presente una disminución en su concentración. De igual forma, los niveles alcanzados van a depender del tipo de corte, del tipo de envase, de la composición de la atmósfera, ente otros factores. Es así que Kenny y O'Beirne, citados por

Inestroza et al. (2015) investigaron métodos de pelado de zanahoria MPF y observaron que un pelado más severo aumenta la pérdida de ácido ascórbico.

Chordi (2013) estudió el contenido de compuestos fenólicos en frutilla MPF y presentó como resultado que el tiempo de almacenamiento afecta el contenido total, ya que con el transcurso de los días se produjo una disminución en la cantidad.

### 2.7.2 Propiedades sensoriales

Dentro de apariencia se incluye el tamaño, color, forma, brillo y ausencia de defectos y deterioro. El color es de suma importancia ya que los PMPF sufren cambios del color con el proceso de maduración, relacionado con el pardeamiento enzimático. La textura también es un indicador de calidad muy importante para el consumo y está relacionada con la jugosidad y con los crujiente que sería el producto. El sabor involucra varios componentes como ser, dulzura (contenido de azúcares, medidos a través de sólidos solubles totales), acidez (ácidos orgánicos), astringencia (compuestos fenólicos), amargor y aroma (sustancias volátiles con olor característico). Para proporcionar información útil sobre la calidad del sabor se deben de realizar evaluaciones con panel de degustación, denominadas evaluaciones sensoriales (Kader 2002, Rocha y Morais 2003, Pereyra 2011, Denoya et al. 2012, Ruelas et al. 2013).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL VEGETAL Y PROCESADO

##### 3.1.1 Materia prima

Se utilizaron dos variedades de manzana: Red Delicious y Fuji, procedentes de una empresa frutícola ubicada en la zona de Melilla, Montevideo, Uruguay.

Las manzanas de la variedad Red Delicious fueron cosechadas el 2 de marzo y las de la variedad Fuji se cosecharon el día 31 del mismo mes. El momento de cosecha fue definido por la empresa, utilizando como índices de cosecha el contenido de almidón, medido a través del test de yodo y la firmeza de la pulpa (67-71N). Inmediato a la cosecha la MP fue transportada en transporte convencional y en cajones de plástico sanitizados, desde el predio hasta el laboratorio Poscosecha de frutas y hortalizas de la Facultad de Agronomía para ser conservadas en cámara de refrigeración (0°C y 95%HR) hasta ser procesadas.

Se realizaron tres ensayos distintos en diferentes momentos del año los que se representan en el Cuadro 6. El primero fue el 2 de marzo utilizando la variedad Red. El segundo fue el 18 de mayo, cumpliendo la variedad Red Delicious 2,5 meses de conservación y la variedad Fuji 1,5 meses de conservación. El último ensayo se realizó el 23 de agosto, cumpliendo la variedad Red Delicious 5,5 y la Fuji 4,5 meses de conservación.

Cuadro No. 6. Ensayos realizados

Fechas de ensayos	MP utilizada	
	Red Delicious	Fuji
<b>02/03/2017</b>	Cosecha	-
<b>18/05/2017</b>	2,5 meses conservación	1,5 meses conservación
<b>23/10/2017</b>	5,5 meses conservación	4,5 meses conservación

### 3.1.2 Proceso de elaboración

Para comenzar con el proceso, se seleccionó la materia prima, descartando aquellos frutos que presentaron daños visibles. Luego se procedió a lavar los frutos seleccionados bajo una canilla con agua potable. El procesamiento se realizó en una antecámara previamente sanitizada y trabajando a una temperatura entre 7-8°C, donde se cortó las manzanas con cáscara en cascocs con un cortador manual de acero inoxidable (Home collection, China) el cual permitió descartar el corazón de la manzana y obtener 8 cascocs iguales (Figura 3). Inmediatamente al corte, los cascocs se fueron sumergiendo en agua fría (4°C) para evitar la ocurrencia de pardeamiento previo a la sanitización.



Figura No. 3. Cortador de manzanas

El proceso de sanitización consistió en colocar los cascocs en una olla de acero inoxidable con 5 L de agua fría (4°C) e hipoclorito de sodio (NaClO, Nortedur, Uruguay) a una concentración de 150 ppm manteniéndose en agitación durante 2 min. Luego de la sanitización se procedió al enjuague y a la aplicación del antioxidante. Para ello los cascocs se pasaron a otra olla del mismo material, que contenía 5 L agua fría con ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ , Droguería industrial uruguaya, Uruguay) al 1%, también durante 2 min. El tiempo se controló con un cronómetro (Figura 4).

Para evitar que la fruta quedara mojada, condición favorable para el crecimiento microbiano, los cascocs fueron centrifugados utilizando una

centrifugadora doméstica (Ilko, 81, Chile) y colocados posteriormente en una bandeja con toallitas de papel absorbente de cocina para eliminar el agua que pudiera quedar sobre la superficie de los cascós y así proceder luego con el envasado.

El envasado se realizó en dos diferentes tipos de polímeros plásticos, siendo éstos: polipropileno (PP, 45  $\mu\text{m}$  de espesor) y polietileno de baja densidad (PEBD, 60  $\mu\text{m}$  de espesor). Los envases de PP diseñados en bolsas de 19 cm x 24 cm (Polybag LTDA, Uruguay) fueron herméticamente selladas en los laterales y la parte superior utilizando una termoselladora (Prime matik, PFS-400, USA). Para los envases de PEBD se utilizaron bolsas de 18 cm x 25 cm herméticas (Cozinha Prática, Brasil), que ya venían selladas en los laterales y que solo fueron selladas en la parte superior

Los trozos de manzana de cada variedad fueron colocados en las bolsas de PP y PEBD. Se pesó cada bolsa con cascós de manzana en una balanza (Acculab, 0-10.000 g, USA) de forma de homogenizar el peso de cada unidad experimental (repetición) de los tratamientos.

Los tratamientos se correspondieron en cada variedad a cuatro tiempos de conservación refrigerada del PMPF (0, 5, 12, 20 días) con cuatro repeticiones para cada momento de evaluación.



Figura No. 4. Etapas 4 y 5 del proceso de elaboración

En la Figura 5 se presenta el diagrama del proceso que se siguió para la obtención de la manzana mínimamente procesado.

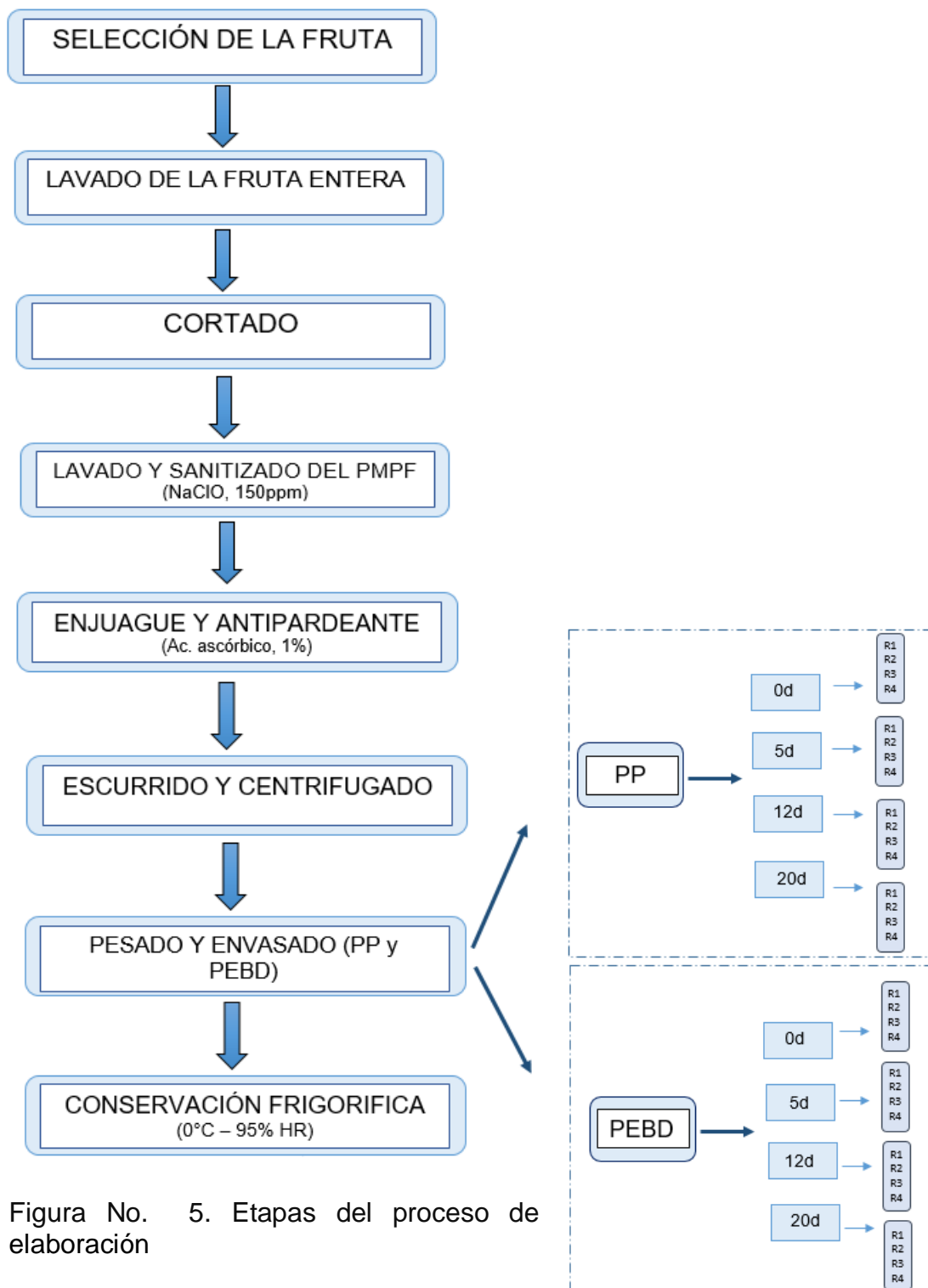


Figura No. 5. Etapas del proceso de elaboración

## 3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

### 3.2.1 Tasa respiratoria

La tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) se determinó por el método estático. Para ello se utilizaron 4 repeticiones de manzana procesada, con un peso determinado que fue registrado, colocadas en frascos de volumen conocido y con tapa hermética provista de un septum de goma (Figura 6).

Los frascos con los cascos de manzana procesada permanecieron abiertos en la cámara ( $0^\circ\text{C}$  y  $95\%\text{HR}$ ) y el día de la medición se cerraron registrándose el tiempo que éstos permanecían cerrados, registrándose el tiempo (1 h) hasta la extracción de la muestra gaseosa del espacio de cabeza. Esta muestra se obtuvo con una jeringa hipodérmica descartable de 10 mL a través del septum situado en la tapa del frasco. Previo a la extracción de la muestra gaseosa se homogeneizó la atmósfera interna (Figura 6).

La determinación de la concentración de  $\text{CO}_2$  ( $\text{ng}/\mu\text{L}$ ), acumulado en el volumen libre del frasco, se realizó tres veces por semana durante 20 días. La medición de la concentración de  $\text{CO}_2$  se determinó en un cromatógrafo de gases (CG, Agilent, 7890B, Santa Clara, Estados Unidos). Conociendo el volumen de la fruta mediante el peso y la densidad, y el volumen del frasco se calculó el volumen libre del mismo.

La tasa de respiración de los cascos de manzana fue calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de respiración} = \frac{[\text{CO}_2] \times \text{volumen libre (mL)}}{\text{peso de la muestra (kg)} \times \text{tiempo (h)}}$$

$\text{mL}/(\text{kg}\cdot\text{h})$

Para convertir los mL  $\text{CO}_2$  a mg  $\text{CO}_2$  se multiplicaron los mL por un factor de conversión que relaciona los mg y mL de dicho gas a determinada temperatura utilizada, siendo en este caso, para  $0^\circ\text{C}$  de 1,98.



Figura No. 6. Extracción de la muestra de gas para determinar la tasa respiratoria

### 3.3 PARÁMETROS FÍSICOS

La pérdida de peso, la determinación de la firmeza y la medición del color fueron realizados en las dos variedades y para cada tipo de envase, en todos los momentos de salida de la conservación refrigerada del PMPF, que correspondió a los 0, 5, 12 y 20 días.

#### 3.3.1 Composición gaseosa de la atmósfera en el interior de los envases

La medición de la concentración de  $O_2$  y  $CO_2$ , expresadas en porcentaje, fue realizada con un analizador de gases portátil (Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca). Para la determinación se extrajo una muestra gaseosa con la jeringa del equipo, a través de un septum colocado en el exterior de la bolsa. La calibración del instrumento fue realizada con aire (21%  $O_2$ ; 0,03%  $CO_2$ , Figura 7).

La medición se realizó en cada repetición (bolsa) por triplicado a los 0, 5, 12 y 20 días para ambas variedades.





Figura No. 7. Medición de la composición gaseosa

### 3.3.2 Determinación de la firmeza

Para la medición de la firmeza de la pulpa de los cascotes de manzana, se utilizó un texturómetro (TA.XT Plus, Hamilton, Estados Unidos). Las mediciones se realizaron en el laboratorio de poscosecha de INIA Las Brujas. Las muestras fueron acarreadas en conservadoras con hielo para no romper con la cadena de frío. Se tomaron 6 cascotes de cada bolsa. La firmeza fue medida por penetración, utilizando un punzón de acero inoxidable, cilíndrico de base plana de 3 mm de diámetro. La velocidad de penetración fue de:  $1\text{ mm s}^{-1}$  y la distancia de penetración fue de 7 mm. La fuerza máxima de penetración se expresó en Newton (N).

### 3.3.3 Pérdida de peso

Para la determinación del peso, se utilizó una balanza (Acculab, 0-10000 g, USA) que se muestra en la Figura 8. Para calcular la pérdida de peso durante la conservación de los PMPF se aplicó la siguiente fórmula:

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

Los resultados se expresaron como porcentaje (%).



Figura No. 8. Peso de las bolsas

#### 3.3.4 Medición del color

La medición del color se realizó con un colorímetro (PCE Ibérica, TCR 200, Beijing, China) en 6 cascos por repetición, obteniendo dos mediciones por cada casco, una de cada cara de corte (Figura 9). Los parámetros de color medidos fueron el valor de luminosidad ( $L^*$ ), el valor del parámetro  $a^*$ , rojo a verde ( $a^*$ ,  $a^-*$ ) y el valor del parámetro  $b^*$ , amarillo a azul ( $b^*$ ,  $b^-*$ ) a través del sistema CIE LAB. Para representar mejor la evolución del color en los cascos de manzana, se presentan los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  como saturación del color (croma) y tono ( $\text{hue}^\circ$ ) teniendo en cuenta las siguientes fórmulas:

$$\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Hue}^\circ = \tan^{-1} b^*/a^* = \text{arco tangente } (b^*/a^*)$$

$$\text{Si } a^* > 0 \text{ y } b^* \geq 0 \quad h^\circ = \text{arco tangente } (b^*/a^*)$$

$$\text{Si } a^* < 0 \quad h^\circ = 180^\circ + \text{arco tangente } (b^*/a^*)$$

$$\text{Si } a^* > 0 \text{ y } b^* < 0 \quad h^\circ = 360^\circ + \text{arco tangente } (b^*/a^*)$$



Figura No. 9. Medición del color

### 3.4 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Se realizaron recuentos en placa de aerobios mesófilos totales, psicrófilos, hongos, levaduras y los correspondientes a la familia de *Enterobacteriaceae*. Para ello se tomaron tres muestras de 10 g de fruta de una misma repetición de cada tipo de envase que se colocaron en bolsas estériles (Nasco, WHIRL-PAK, Estados Unidos), cuyo contenido fue manualmente triturado y homogeneizado teniendo especial cuidado en no romper la bolsa. A cada una de estas muestras se le adicionó 90 mL de agua peptonada estéril (Oxoid, Ltd., Basingstoke, Inglaterra), tal como se muestra en la Figura 10b.

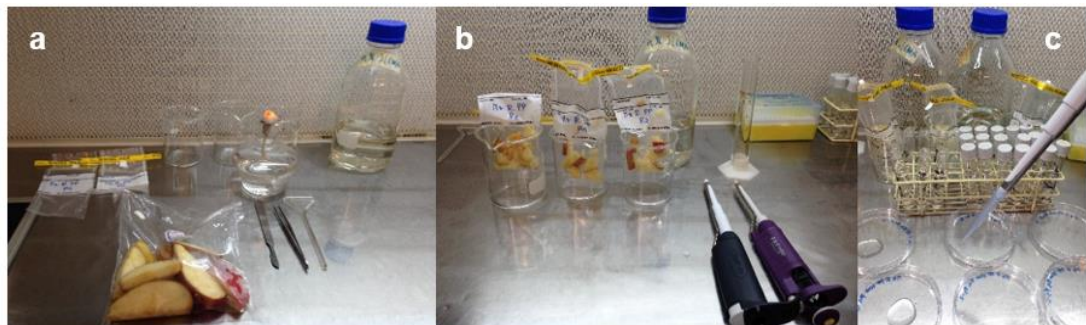
Para el caso de aerobios mesófilos totales, psicrófilos y *Enterobacteriaceae* se extrajo 1 mL de la suspensión de las muestras trituradas con el agua peptonada para sembrarla por inclusión en placas de Petri descartables estériles de 90 mm de diámetro (AGB, Argentina), a las que se les agregó 15-20 mL del medio de cultivo correspondiente. Las bacterias pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* se cultivaron en un medio de cultivo Agar bilis rojo violeta (Oxoid Ltd, Basingstoke, Inglaterra), por 48 h a 37 °C. Los microorganismos aerobios mesófilos totales y bacterias psicrófilas fueron sembrados en un medio de cultivo agar de recuento en placa (Oxoid, Ltd, Basingstoke, Inglaterra). Dichas placas fueron incubadas en estufa a 37

°C por 48 h para los aerobios mesófilos totales y en heladera a 4 °C por 7 días para psicrófilos.

Para el caso de hongos y levaduras, se extrajo 0,1 mL del homogeneizado de las muestras trituradas con el agua peptonada, que se sembraron en superficie utilizando un asa Drigalski, en placas de Petri estériles de 90 mm, con papa dextrosa agar solidificado (Oxoid Ltd, Basingstoke, Inglaterra) y enmendado con sulfato de estreptomicina (0,2 gL<sup>-1</sup>, Sigma-Aldrich, Misuri, Estados Unidos). Las placas fueron incubadas durante 7 días a 25 °C.

Cuando fue necesario, se realizó diluciones seriadas. Para esto, se diluyó 1 mL de la muestra original (10 g + 90 mL de agua de peptona) en 9 mL de agua de peptona en tubos de vidrio de 14 mL. Si se requería una dilución mayor, se procedía de la misma manera, diluyendo la dilución anterior. Luego de tener la dilución correcta, se continuó con la siembra (Figura No. 10c).

Los resultados se expresaron como logaritmo de unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (log ufc g<sup>-1</sup>).



a-materiales, b-muestras cortadas, c-siembra de diluciones

Figura No. 10. Diferentes etapas para la obtención de la determinación de los microorganismos

## 3.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

### 3.5.1 Sólidos solubles totales

El contenido de los sólidos solubles totales (SST) del jugo de la fruta (pulpa y cáscara) se determinó por refractometría sobre una muestra representativa de cada bolsa y por duplicado. Las muestras de fruta congeladas (freezer -20 °C) se cortaron y colocaron en tubos cónicos plásticos de 50 mL (Falcon, México) tapados con una gasa en el extremo superior del tubo e invertidos durante 12 h a 7 °C para drenar el líquido del descongelado (Figura 10a). Posteriormente se extrajo el jugo de la muestra de fruta con una prensa doméstica para ajo. La determinación de los SST del jugo extraído se realizó con un refractómetro digital (Atago, PAL-1, 0-53%, Japón), expresando los resultados en °Brix (Figura 11b).



a-descongelado, b-medición

Figura No. 11. Medición de SST

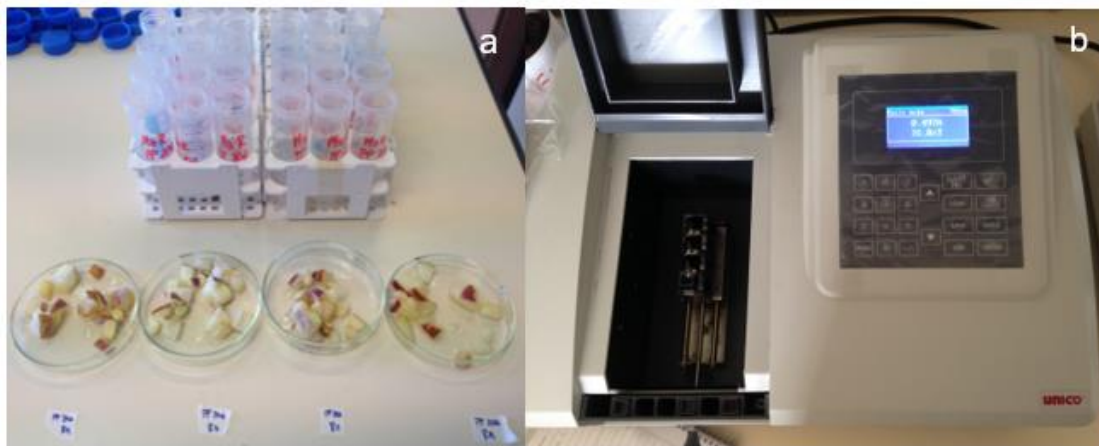
### 3.5.2 Capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles totales

Para determinar el contenido de polifenoles totales (PT) y la capacidad antioxidante total (CAT) se realizó una extracción metanólica de la fruta (pulpa + cáscara). Para ello se pesaron 3 g de muestra congelada y se colocaron en un tubo cónico plástico de 50 mL (Falcon, México), para luego agregar 5 mL de metanol al 70 % y homogeneizar a 10.000 rpm durante 60 s (Scientz, XHF-D, China). La muestra homogeneizada se mantuvo en el tubo durante una hora en la oscuridad y en contacto con agua a 0 °C (mezcla de agua y hielo).

Posteriormente, se centrifugó la dilución durante 10 min en una centrifugadora (Damon, ICE DIVISION 630 B, USA), y finalmente se recogió el

sobrenadante que se guardó en microtubos de centrifuga de 1,5 mL (Eppendorf, Alemania) y en ultracongelador (-80 °C) hasta la medición.

Para la determinación de ambos parámetros, la absorbancia se midió mediante espectrofotometría con un espectrofotómetro UV-visible (único, S-2150, Estados Unidos). Antes de comenzar con la medición, se midió la absorbancia de una solución blanco que contenía todos los reactivos y en la misma concentración de las muestras a analizar, pero sin el analito (extracto), ajustándose a cero la absorbancia del espectrofotómetro. Se hicieron las diluciones necesarias en cada método realizado para que la absorbancia quedara comprendida entre los valores establecidos donde la respuesta es lineal ya que valores fuera del rango no son precisos (Figura 12).



a-procedimiento de la extracción de muestras, b-espectrofotómetro utilizado para las mediciones

Figura No. 12. Extracciones para la determinación de CAT y PT

La CAT se determinó por el método del radical libre, 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), basándonos en la metodología propuesta por Brand-Williams et al. (1995) y midiendo la reducción del ion férrico (FRAP), según Benzi y Strain (1996).

Para el primer método anteriormente nombrado se realizó una solución madre de DPPH 0,024% (Sigma- Aldrich, Alemania) en metanol puro y se ajustó la absorbancia usando  $\lambda = 515 \text{ nm}$  a un valor de 1,10. Luego, se mezclaron 1,9 mL de dicha dilución con 100  $\mu\text{L}$  del extracto en una cubeta desechable de 2,5 mL (PS, Alemania). Se dejó reaccionar por 200 min en la oscuridad, tiempo previamente evaluado, para que alcance un valor de absorbancia constante a valores que se encontraban en el rango de 0,6-0,7 también a  $\lambda = 515 \text{ nm}$ .

Para llevar a cabo el otro método se comenzó por preparar una solución de ácido clorhídrico 40 mM (HCl, 37%, Merck, Argentina) en agua destilada, en la que se disolvió el reactivo tris 2-pyridil-triazine (TPTZ) al 0,3% (Sigma- Aldrich, Suiza). Luego se disolvió cloruro férrico al 0,5% (FeCl<sub>3</sub>, 20mM, Sigma- Aldrich, Alemania) en agua destilada. Se realizó una solución tampón acetato sódico 0,3 mM (NaAc, Sigma- Aldrich, Japón) en agua destilada, se ajustó el pH a 3,6 utilizando ácido acético glacial (Dorwil, Argentina). Una vez preparados dichos reactivos se mezclaron en las siguientes proporciones TPTZ (1): FeCl<sub>3</sub> (1): tampón acetato (10) para obtener una solución de trabajo diaria (reactivo FRAP). Dicha solución se mantuvo por 120 min en un baño a 37°C. En las cubetas a analizar, se colocó 2100 µL del reactivo FRAP y 330 µL del extracto. Dichas cubetas se mantuvieron en la oscuridad durante 180 min para que se realice la reacción, tiempo previamente evaluado, en el cual alcanza un valor de absorbancia constante medido a longitud de onda de 515 nm.

La medición analítica se realizó por duplicado en todas las repeticiones de los tratamientos estudiados (Figura 13).

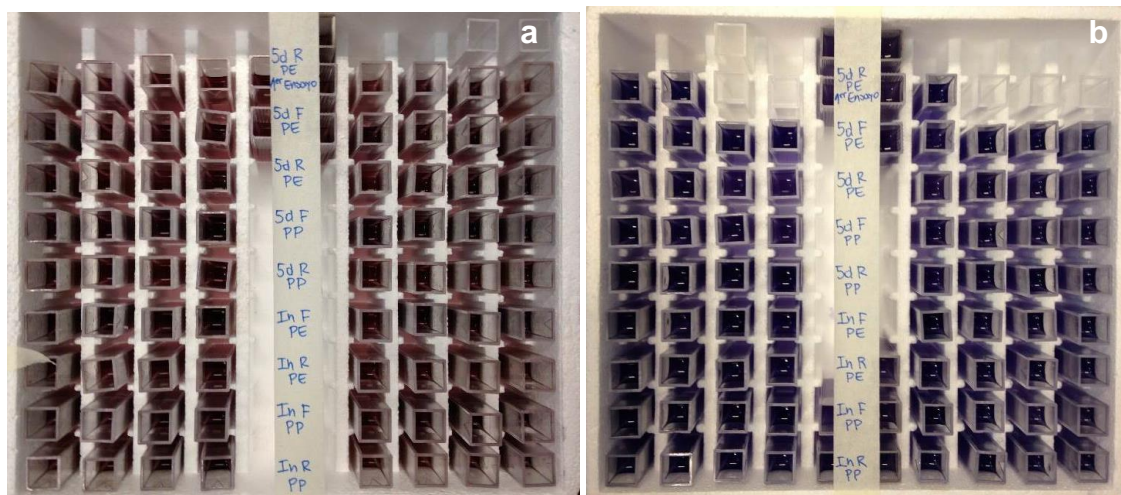


Figura No. 13. Muestras listas para la determinación de la CAT por DPPH (a), y FRAP (b)

Para poder proceder con el cálculo de la CAT mediante ambos métodos, se realizó una curva de calibración utilizando ácido ascórbico (Merck, Alemania), como patrón, expresando la concentración en mg equivalentes de ácido ascórbico (mg EAA) por g<sup>-1</sup> de muestra en peso fresco (PF).

La determinación de polifenoles totales se realizó utilizando el método de Folin-Ciocalteu, propuesto por Singleton y Rossi (1965) para la cual se colocaron 200  $\mu\text{L}$  del extracto en una cubeta desechable de 2,5 mL (PS, Alemania) y se le añadieron 300  $\mu\text{L}$  del reactivo Folin-Ciocalteu 1:1 en agua, (Merck KGaA, Alemania) y 2.000  $\mu\text{L}$  de una solución de hidróxido de sodio (NaOH, Carlo Erba Reagents, España) al 0,4 % y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Merck KGaA, Alemania) al 2 %. Dicha mezcla se dejó reaccionar por 90 min en la oscuridad y a temperatura ambiente. En los casos en que fue necesario se diluyó el extracto en metanol al 70% para obtener medición de absorbancia comprendida entre los valores 0,60 - 0,80 medida a longitud de onda de  $\lambda=760$  nm.

La medición analítica se realizó por duplicado en todas las repeticiones de los tratamientos estudiados (Figura 14).

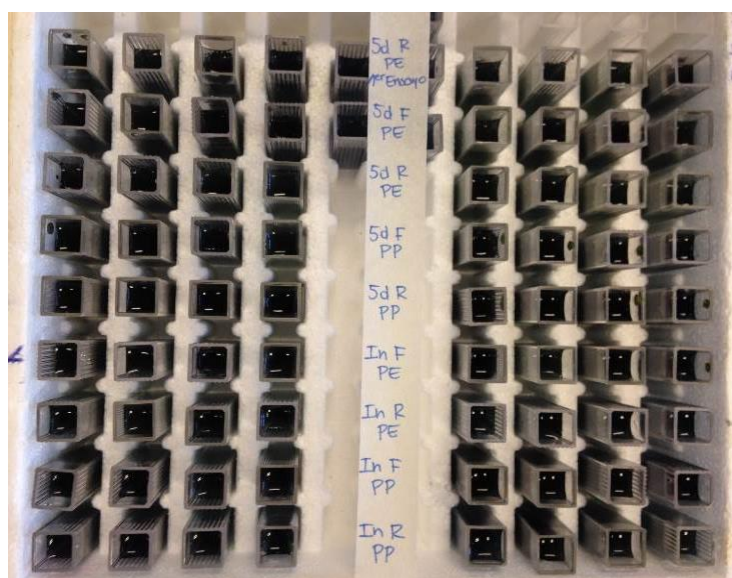


Figura No. 14. Muestras listas para la determinación de polifenoles

Para proceder con el cálculo de los polifenoles totales, también se realizó una curva de calibración, utilizando ácido gálico (Merck, Alemania) como patrón y expresando la concentración en mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG) por  $\text{g}^{-1}$  de muestra en peso fresco (PF).



### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con estructura bifactorial. Los factores considerados fueron: tipo de envase (PP y PEBD), tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF. El tiempo de conservación de la MP se correspondió en la manzana Fuji a 1,5 y 4,5 meses (nivel 2) y en la manzana Red Delicious cosecha, 2,5 y 5,5 meses (nivel 3). El tiempo de conservación del PMPF se correspondió a 0, 5, 12 y 20 días para ambas variedades (nivel 4).

Se analizaron las interacciones de tipo de envase por tiempo de conservación de la MP (2x2 y 2x3 para Fuji y Red respectivamente) y tiempo de conservación del PMPF por tiempo de conservación de la MP (4x2 y 4x3 para Fuji y Red Delicious respectivamente).

Las unidades experimentales fueron los envases que contenían aproximadamente 190 g de gajos de manzana y se realizaron 4 repeticiones.

Las variables fisiológicas, físicas, microbiológicas y químicas se analizaron en forma independiente a través del Modelo Lineal General (ANAVA) con un nivel de significancia de 95% y por el método de comparaciones múltiples. Si correspondió, las diferencias entre medias se analizaron mediante el test de Tukey-Kramer con nivel de significancia de 0,05 ( $\alpha$ ).

Los análisis estadísticos se realizaron con un software InfoStat versión 2018 desarrollado en Argentina (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

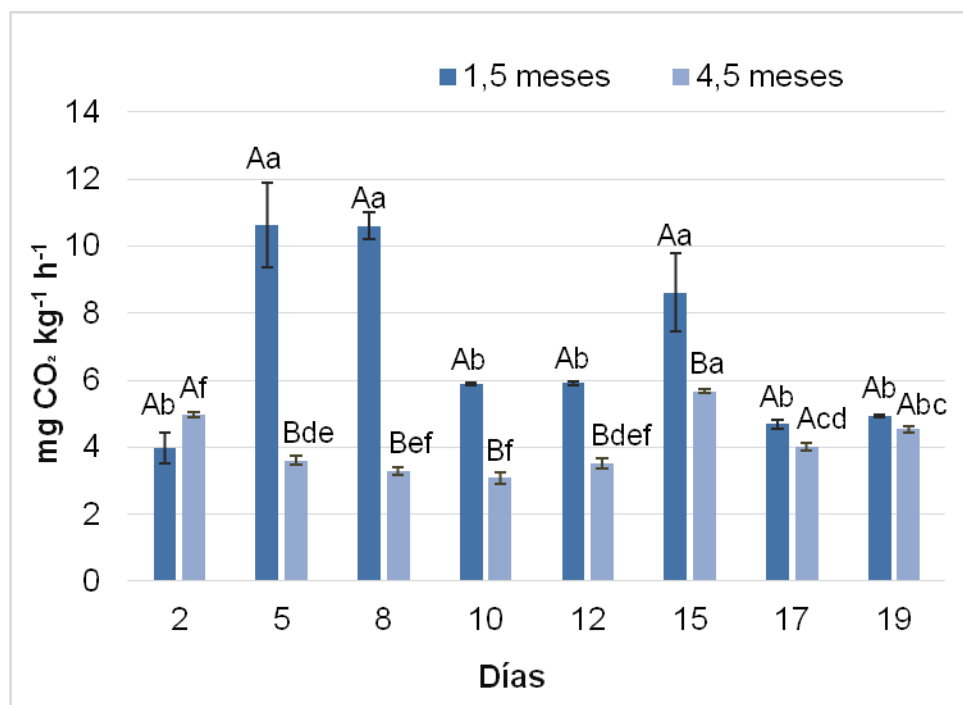
### 4.1 PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

#### 4.1.1 Tasa respiratoria

La tasa respiratoria de los cascotes de manzana Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación presentó un valor promedio de  $6,94 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , siendo mayor que la de los cascotes elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación con valor promedio de  $4,08 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

Al analizar la evolución en el tiempo, la tasa respiratoria de los cascotes elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación, presentó un aumento al quinto y octavo día con un valor de  $10,6 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Al décimo día bajó y luego permaneció constante e igual a la tasa del segundo día con un promedio de  $5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . En cambio, la producción de  $\text{CO}_2$  en los cascotes de manzanas elaboradas a partir de MP de 4,5 meses, permaneció relativamente constante durante todo el periodo con un promedio de  $3,5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para luego tener un leve aumento de  $1 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  en los últimos 3 días de medición (Figura 15).

Como lo detalla la Figura 14, comparando la respiración de los cascotes procedentes de los diferentes tiempos de conservación de la MP en cada momento de análisis, se encontraron diferencias. Se pudo observar que, del octavo al decimoquinto día, la cantidad de  $\text{CO}_2$  emitida por los cascotes correspondientes a MP de 4,5 meses de conservación fue menor, que la correspondiente a MP de 1,5 meses, entre 66 y 35 % menos dependiendo del día. Los restantes días no presentaron diferencias, promediando  $4,5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .



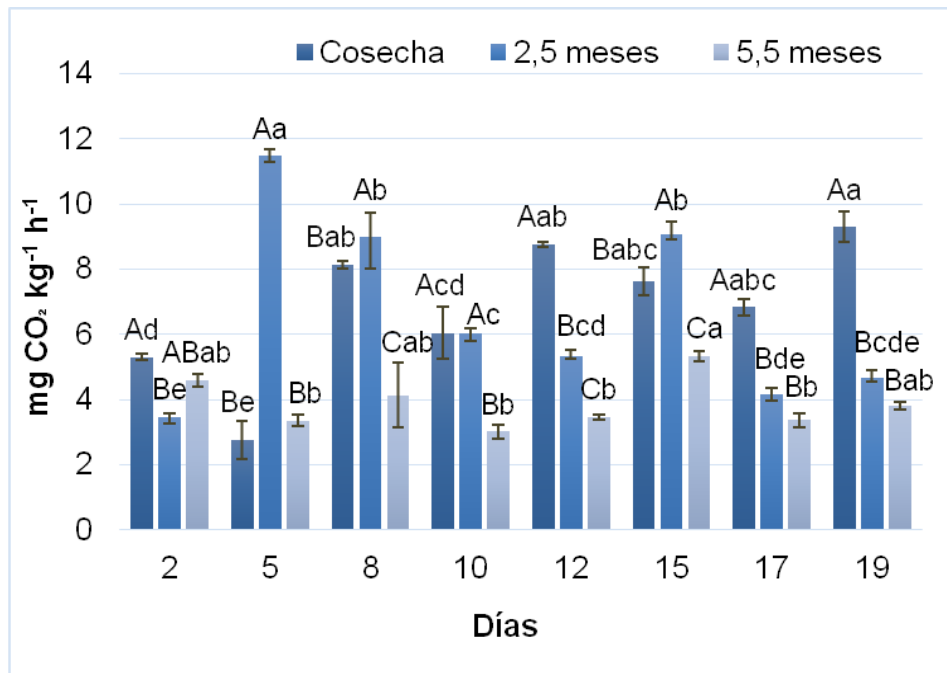
Medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación de la MP (1,5 y 4,5 meses) y minúsculas para momento de análisis indican diferencias significativas. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=4).

Figura No. 15. Tasa respiratoria ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de cascós de manzanas Fuji durante su conservación como PMPF elaborado a partir de MP de diferente tiempo de conservación

La tasa respiratoria de los cascós de manzana Red Delicious elaborados a partir de MP recién cosechada y de 2,5 meses de conservación, fue mayor que la proveniente de los cascós elaborados a partir de MP de 5,5 meses. Los valores promedios fueron 6,84; 7,46 y 3,89  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  respectivamente.

En cuanto a la evolución en el tiempo de la tasa respiratoria de los cascós elaborados a partir de MP recién cosechada, tuvo un aumento en el octavo día y se mantuvo en 7,7  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  hasta el final. La correspondiente a cascós elaborados a partir de MP de 2,5 meses de conservación presentó valores mayores entre el quinto y octavo día de 11,47 y 9  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  respectivamente, para luego mantenerse en 4,6  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  durante el periodo de análisis restante. En lo que respecta a los elaborados de MP de 5,5 meses se observó una tasa respiratoria relativamente constante durante todo el período de evaluación con valores en torno a 3,8  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Figura 16).

Cuando se comparó la respiración de los cascós procedentes de los diferentes tiempos de conservación de la MP en cada momento de evaluación del PMPF, la mayor respiración a los 12, 17 y 19 días se observó en los cascós provenientes de MP recién cosechada, mientras que en los días 5, 8 y 15, fueron los procedentes de MP de 2,5 meses de conservación los de mayor respiración. Hasta el día 15, los cascós de MP de 5,5 meses fueron los de menor respiración, pero en los días 17 y 19 baja la actividad metabólica de los de 2,5 meses que no se diferencian con los de 5,5 meses.



Medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación de la MP (cosecha, 2,5 y 5,5) y minúsculas para momento de análisis indican diferencias significativas. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=4).

Figura No. 16. Tasa respiratoria (mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de cascós de manzanas Red Delicious durante su conservación como PMPF elaborado a partir de MP de diferente tiempo de conservación

La respiración aumenta en el tejido del PMPF no solo para proporcionar energía, sino también para sintetizar las moléculas necesarias para la cicatrización de la herida provocada durante la elaboración, que generó un estrés (Cantwell y Suslow, 2002). Dicho aumento fue observado por diferentes autores. Silveira (2009) indica que, en el caso del melón mínimamente procesado, enseguida del procesamiento y como consecuencia del estrés, se produce un aumento en la tasa respiratoria. Pérez et al. (2016) también observaron en mango mínimamente procesado tasas elevadas de

respiración para los dos primeros días (5,5-5,8 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) con un subsiguiente descenso gradual hasta el final del almacenamiento, llegando a los 7 días con una tasa de 4,7 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Paredes (2010) también observó en manzana Fuji mínimamente procesada conservada a 5 °C y sumergida en una solución de cisteína (0,1 %) más ácido ascórbico (0,5 %), un pico en la tasa de respiración al día 3 de 26,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para luego disminuir y mantenerse hasta el final con un valor promedio de 18 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Gübeli (2012) reportó para manzana Royal Gala mínimamente procesada que los valores máximos de respiración se presentaron inmediatamente luego del procesamiento para ya al primer día decaer y mantenerse estable. Los valores medidos por él, variaron según el tratamiento de agente antipardeciente utilizado, por ejemplo, cuando usó 0,8% ácido ascórbico más 0,3% de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) la tasa respiratoria al día 0 fue de 20,3 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> y al día 10 disminuyó a 9,7 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Si bien todos los autores anteriormente nombrados hallaron un aumento en la respiración enseguida al procesado, en la presente tesis el aumento se observó entre el quinto y el octavo día. Posiblemente el aumento en la respiración debido al estrés haya ocurrido antes de los 2 días, que fue el momento en el que se empezó a evaluar y que por este motivo no se haya observado.

Los valores de respiración durante todo el periodo de evaluación y sin tener en cuenta los picos, se mantuvieron entre 4-6 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en manzana Fuji y entre 4-8 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en manzana Red Delicious. Comparando dichos valores con los valores en manzanas reportados por Paredes (2010), Gübeli (2012) se observó que los de la presente tesis fueron menores.

Silveira (2009) también reportó que el aumento y la duración del pico respiratorio es afectado, entre otras cosas, por el tiempo de conservación del producto previo al procesado. Tal es así que en las manzanas estudiadas en la presente tesis se observó que la tasa respiratoria de los cascos elaborados a partir de MP de menor tiempo de conservación fue mayor que la correspondiente a cascos elaborados a partir de MP almacenada durante más tiempo. Esto es debido a que un tejido inmaduro presenta mayor actividad por lo tanto la tasa respiratoria es más elevada. A su vez, la cosecha genera un estrés el cual provoca también un aumento en la actividad metabólica, siendo la respiración uno de los procesos afectados incrementando su actividad.

## 4.2 PARÁMETROS FÍSICOS

### 4.2.1 Composición gaseosa de la atmósfera en el envase

Al estudiar la cantidad de  $O_2$  presente al interior de los envases que contenían cascos de manzana Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 y 4,5 meses de conservación, no se observó interacción significativa entre tipo de envase y tiempo de conservación del PMPF siendo de 19,80 % la cantidad promedio de  $O_2$ . El contenido de  $O_2$  tampoco fue afectado por el tiempo de conservación del PMPF. Sin embargo, el factor tipo de envase sí determinó diferencias ya que PP presentó 19,00 % y PEBD 20,00 %. Estas diferencias entre los envases se observaron tanto en la MP de 1,5 como en la de 4,5 meses de conservación refrigerada (datos no mostrados).

Cuando se analizó el comportamiento en cada tipo de envase se observó que, en los de PP, no hubo interacción significativa entre el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF. Este último factor estudiado individualmente, tampoco presentó efecto. En cambio, el factor tiempo de conservación de la MP sí determinó diferencias, siendo que aquellos envases con cascos elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación presentaron un 19,70 % de  $O_2$  y los elaborados con MP de 1,5 meses un 19,00 % (datos no mostrados).

En los envases de PEBD, tal como se ilustra en el Cuadro 7, sí se observó interacción significativa entre el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF. Las principales diferencias entre tiempos de conservación de la MP se observaron en el día 0, el día 12 y el día 20. Sin embargo, no se puede concluir que haya diferencias sustanciales entre las MP. En primer lugar, los valores medidos son altos, apenas inferiores a la concentración normal de  $O_2$  en la atmósfera (21%). En segundo lugar, si bien al inicio y a los 20 días, los cascos de la MP de 1,5 meses tuvieron mayor concentración de  $O_2$ , al día 12 el menor valor se observó en cascos de 1,5 meses.

El tiempo de conservación del PMPF no afectó el contenido de este gas. En aquellos envases con cascos elaborados con MP de 4,5 meses de conservación, los valores promediaron el 20 %. En cambio, en aquellos elaborados con MP de 1,5 meses de conservación la cantidad de  $O_2$  fue disminuyendo con el tiempo, presentando 21,17 %  $O_2$  en el día 0 y 20,27 %  $O_2$  en el día 20.

Cuadro No. 7. Evolución del O<sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases de PEBD durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascotes de manzana Fuji procedentes de materia prima conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	21,17 ± 0,41 Aa	20,37 ± 0,03 Ab
<b>5d</b>	20,43 ± 0,12 ABa	20,37 ± 0,03 Aa
<b>12d</b>	19,53 ± 0,29 Cb	20,00 ± 0,17 Aa
<b>20d</b>	20,27 ± 0,09 BCa	19,63 ± 0,12 Ab

Los valores corresponden a medias (n=3) ± error estándar de la media. Medias con letras distintas, mayúsculas para columnas y minúsculas para filas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

Al estudiar la cantidad de O<sub>2</sub> presente al interior de los envases que contienen cascotes de manzana Red Delicious cabe destacar que no fue posible medirla en los envases con cascotes procedentes de MP recién cosechada porque ocurrieron problemas con el equipo analizador. En los envases que contenían cascotes elaborados a partir de MP de 2,5 meses no se observó interacción significativa entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. La cantidad de O<sub>2</sub> fue disminuyendo de 20,38 % (valor inicial), a 18,67 % (valor final).

Considerando los valores por tipo de envase, en los envases de PP fue de 18,44 %, mientras que en los envases de PEBD fue de 20,28 % (datos no mostrados). A los 12 y 20 días de conservación del PMPF los envases PP presentaron 0,4 % más de O<sub>2</sub> que los envases de PEBD. En los envases de PP, el O<sub>2</sub> medido presentó un valor promedio de 19,60 % durante los 20 días de conservación. En cambio, en los envases de PEBD la cantidad de dicho gas fue disminuyendo con el tiempo de conservación ya que al inicio fue de 20,37 % y al final de 19,13 % (datos no mostrados).

Continuando con la misma variedad, en los envases de PP se pudo observar que los envases con cascotes provenientes de MP de 2,5 meses presentaron 17,60 % O<sub>2</sub>, siendo menor que los que contenían cascotes provenientes de MP de 5,5 meses, con un 19,00 % O<sub>2</sub>. Con respecto a las diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF se observó que al día

0 y al día 5 la cantidad fue mayor (19,60 %) que la correspondiente al día 12 y 20 (18,50 %). Los cascos en envases de PEBD tampoco fueron afectados por la interacción anteriormente nombrada, presentaron en promedio 19,70 % de O<sub>2</sub>. El tiempo de conservación del PMPF presentó diferencias entre la cantidad al día 0 (20,37 %) que fue mayor que la cantidad al día 20 (19,40 %, datos no mostrados).

Con respecto a la cantidad de CO<sub>2</sub> presente en los envases con cascos de manzana Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación, hubo efecto del tiempo de conservación del PMPF sobre el tipo de envase. En este sentido, los niveles de O<sub>2</sub> medidos en los envases de PP fueron superiores a los medidos en los envases de PEBD. Esto ocurrió en todos los momentos de análisis. La cantidad de CO<sub>2</sub> en ambos tipos de envases que contenían cascos de MP de 1,5 meses de conservación no presentó diferencias en el transcurso del tiempo de conservación del PMPF, en cambio, la cantidad de CO<sub>2</sub> en los envases que contenían cascos de MP de 4,5 meses de conservación sí presentó diferencias siendo que la cantidad aumentó con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF. Comparando la cantidad de ambos tipos de envases en cada tiempo de conservación de MP se puede observar que fue mayor en los envases de PP (Cuadro 8).

Cuadro No. 8. Evolución del CO<sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Fuji envasados en diferentes tipos de envases

Tiempo de conservación del PMPF	1,5 meses		4,5 meses	
	PP	PEBD	PP	PEBD
<b>0d</b>	3,30 ± 0,20 Aa	0,67 ± 0,15 Ab	1,63 ± 0,09 Ba	1,23 ± 0,15 Ba
<b>5d</b>	4,33 ± 0,09 Aa	1,60 ± 0,21 Ab	2,4 ± 0,06 Ba	1,47 ± 0,15 ABa
<b>12d</b>	4,73 ± 0,32 Aa	2,07 ± 0,07 Ab	4,73 ± 0,74 Aa	2,07 ± 0,09 ABb
<b>20d</b>	4,33 ± 0,98 Aa	1,87 ± 0,07 Ab	5,43 ± 0,44 Aa	2,67 ± 0,18 Ab

Los valores corresponden a medias (n=3) ± error estándar de la media. Para cada tiempo de conservación de la materia prima, medias con letras distintas, mayúsculas para columnas y minúsculas para filas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

Continuando con la misma variedad, pero analizando los factores tiempo de conservación de la MP x tiempo de conservación del PMPF, en cada tipo de envase, se observó que la concentración de CO<sub>2</sub> en los envases de PP con cascos provenientes de MP de 1,5 meses de conservación se mantuvo igual durante los 20 días, en cambio en los envases con cascos



provenientes de MP de 4,5 meses se observó un aumento en la concentración a los 12 y 20 días. Se observó que a los 0 y 5 días los envases que contenían cascotes con MP de 1,5 meses de conservación presentaron mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que aquellos envases que contienen cascotes provenientes de MP de 4,5 meses. En los envases de PEBD, tanto para los cascotes de MP de 1,5 meses como de 4,5 meses, se observó que la concentración aumenta con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF. Al día 0 y al día 20 la concentración de CO<sub>2</sub> fue menor en los envases con cascotes provenientes de MP de 1,5 meses de conservación (Cuadro 9).

Cuadro No. 9. Evolución del CO<sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascotes de manzana Fuji procedentes de materia prima conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	PP		PEBD	
	1,5 meses	4,5 meses	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	3,30 ± 0,20 Aa	1,63 ± 0,09 Bb	0,67 ± 0,15 Bb	1,23 ± 0,15 Ca
<b>5d</b>	4,33 ± 0,09 Aa	2,40 ± 0,06 Bb	1,60 ± 0,21 Aa	1,47 ± 0,15 Ca
<b>12d</b>	4,73 ± 0,32 Aa	4,73 ± 0,74 Aa	2,07 ± 0,07 Aa	2,07 ± 0,09 Ba
<b>20d</b>	4,33 ± 0,98 Aa	5,43 ± 0,44 Aa	1,87 ± 0,07 Ab	2,67 ± 0,18 Aa

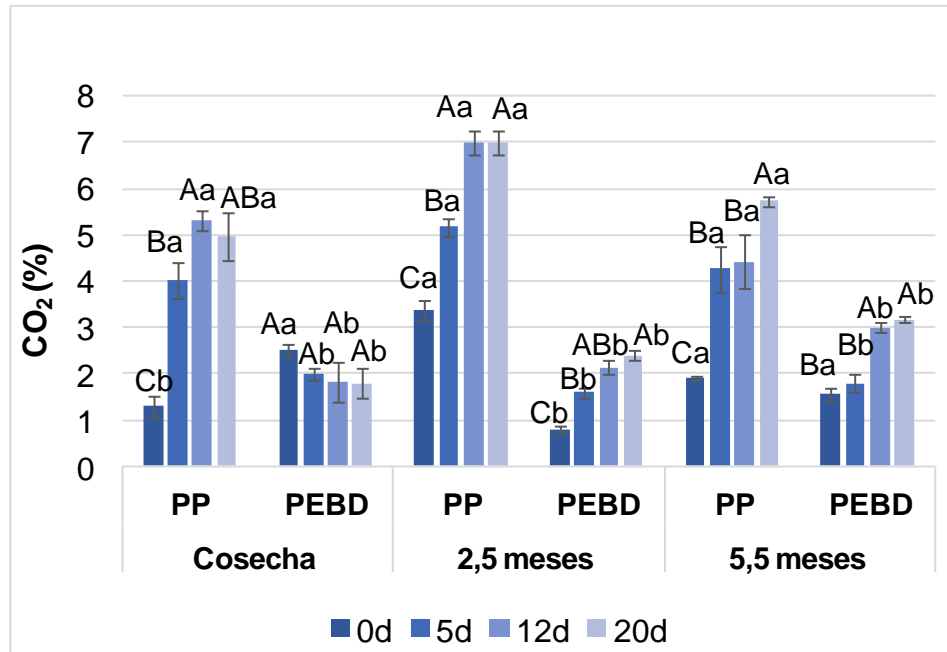
Los valores corresponden a medias (n=3) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para columnas y minúsculas para filas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

Con respecto a la cantidad de CO<sub>2</sub> correspondiente a los envases con cascotes de manzana Red Delicious y elaborados a partir de MP recién cosechada, de 2,5 y de 5,5 meses se observó que la interacción entre tipo de envase y tiempo de conservación de la MP presentó efecto. En todos los casos (cosecha, 2,5 y 5,5 meses), el CO<sub>2</sub> medido en los envases de PEBD, fue inferior al medido en los envases de PP tal como se muestra en la Figura 17.

Cuando se usó MP recién cosechada las concentraciones medidas fueron de entre 2 y 3 % menos en casi todos los días de evaluación, a excepción del inicio. En MP de 2,5 meses los valores fueron entre 3 y 5% menores y en el caso de MP de 5,5 meses de 1,5 y 2,5 % menores.

En cuanto a las diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF en términos generales y como era esperado, la concentración de CO<sub>2</sub>

aumentó con el transcurso del tiempo tanto en los envases de PP como en los de PEBD y para los tres tipos de MP utilizados. La excepción fue observada en los envases de PEBD con cascos elaborados con MP recién cosechada donde los valores se mantuvieron constantes.



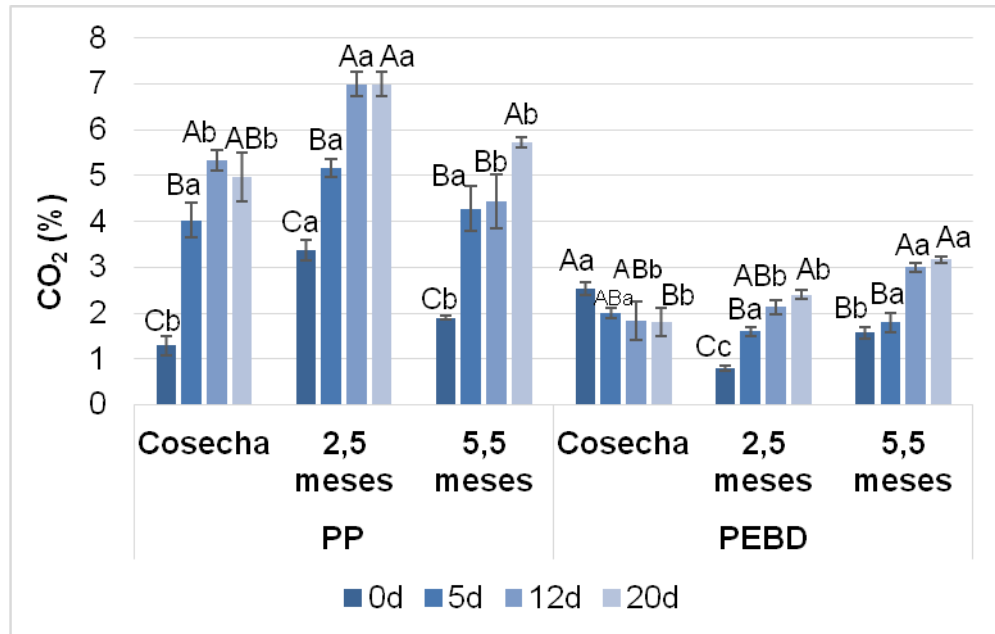
Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tiempo de conservación de la MP, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tipo de envase, indican diferencias significativas según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 17. Evolución del CO<sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascos de manzana Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases

Continuando con la misma variedad, al observar el comportamiento en cada tipo de envase, se observó que la concentración de CO<sub>2</sub> fue afectada por la interacción entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF ilustrando dichas diferencias en la Figura 18. En lo que respecta a los envases de PP en todos los días, excepto en el día 5, los envases con cascos provenientes de MP de 2,5 meses presentaron entre 1,5 y 3 % más CO<sub>2</sub>. El comportamiento de los cascos de MP de cosecha y de 5,5 meses fue prácticamente el mismo.

Por otro lado, lo que respecta a los envases de PEBD prácticamente no se encontraron diferencias entre las MP, excepto a los 12 y 20 días donde

los cascós provenientes de MP de 5,5 meses presentaron entre 1 y 1,9 % más de CO<sub>2</sub> (Figura 18).



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, indican diferencias significativas según prueba Tukey (p≤0,05).

Figura No. 18. Evolución del CO<sub>2</sub> (%) medido en el interior de los envases durante la conservación del PMPF, ilustrando las diferencias entre cascós de manzana Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos

En un PMPF almacenado en atmósfera modificada, la composición de la misma en el interior del envase, presenta variaciones según el tiempo de conservación, según la película plástica utilizada y según las características de la materia prima, en especial su grado de madurez. Los resultados de la presente tesis demostraron que las concentraciones de los gases O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> no fueron constantes y fueron afectadas por las condiciones anteriormente nombradas.

Tal es así que, el factor tiempo de conservación del PMPF tuvo efecto en la presente tesis, observándose en ocasiones que la composición de la atmósfera fue variando con el transcurso de los días. La concentración de O<sub>2</sub> fue disminuyendo con el correr del tiempo de conservación del PMPF en los

envases que contenían cascos de manzana Red Delicious y la concentración de CO<sub>2</sub> fue en aumento en los envases que contenían cascos de ambas variedades, esto debido a que la tasa de respiración aumenta acorde a la maduración de la fruta. Dicho resultado también fue observado por varios autores como Pereyra (2011) reportó para manzana Granny Smith envasada en PEBD al día 4 de conservación del PMPF una concentración de CO<sub>2</sub> de 2,5 % y de O<sub>2</sub> de 4 % y al día 11 una concentración de CO<sub>2</sub> de 5 % y de O<sub>2</sub> de 1,5 %. Al mismo tiempo Rojas-Graü et al. (2015), reportaron que el tratamiento control (sin aplicación de películas comestibles) de manzana Fuji mínimamente procesada conservada a 4°C y envasada en PP, fue disminuyendo su concentración de O<sub>2</sub> y aumentando la concentración de CO<sub>2</sub> en un periodo de 14 días, llegando a valores de 10% O<sub>2</sub> y 8% CO<sub>2</sub>.

Sabiendo que la respiración disminuyó en aquellos cascos provenientes de MP con mayor tiempo de conservación, era de esperar que la composición de la atmósfera en los envases que contenían los cascos provenientes de MP conservada por mayor tiempo, presentara menores concentraciones de CO<sub>2</sub> y mayores concentraciones de O<sub>2</sub> que aquellos envases con cascos provenientes de MP con menor tiempo de conservación. Estos resultados solo fueron observados en cascos de manzana Fuji envasados en PP, donde la concentración de O<sub>2</sub> fue mayor y la de CO<sub>2</sub> fue menor en los cascos provenientes de MP de 4,5 meses de conservación comparado con las concentraciones de los envases que contenían cascos elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación. En los demás tratamientos, no se encontró una relación lógica ya sea porque uno de los gases no se diferenció entre los distintos tiempos de conservación de la MP o debido a que uno de los gases aumentó o disminuyó contrariamente a lo que tendría que pasar.

El tipo de envase también repercute en la composición de la atmósfera. En este sentido, la concentración de O<sub>2</sub> de los cascos envasados en material PP se presentó menor y la concentración de CO<sub>2</sub> se presentó mayor que las correspondientes a los envasados en material PEBD. Esto sucede debido a que cada tipo de material está compuesto por diferentes películas plásticas las cuales tienen una permeabilidad distinta a dichos gases (Silveira, 2009). Para reducir la velocidad de respiración, dentro del envase debe de generarse una reducción del O<sub>2</sub> y una elevación de la concentración de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, se podría decir que el material PP logra una combinación de las concentraciones de los gases dentro del envase más propicia para conservar la calidad del producto, ya que los valores de los mismos se encuentran más cercanos a los rangos recomendados para estos tipos de productos que los valores obtenidos en envases de PEBD. Según bibliografía, concentraciones de O<sub>2</sub> entre el 2 y 8% y de CO<sub>2</sub> entre el 5 y el 15%, dependiendo del producto, serían las recomendadas para PMPF en AM (Escalona, 2017).

Los envases con cascos de variedad Fuji presentaron como máximo una concentración de 6 % CO<sub>2</sub> y como mínimo una concentración de 19 % O<sub>2</sub>. Los envases con cascos de variedad Red Delicious presentaron como máximo una concentración de 7 % CO<sub>2</sub> y como mínimo una concentración de 17,5 % O<sub>2</sub>. Comparando dichas concentraciones medidas de los gases en la presente tesis, con los valores obtenidos en otros estudios anteriormente nombrados y con los recomendados para los PMPF, se puede ver que las concentraciones de ambos gases no son semejantes siendo la de O<sub>2</sub> la más alejada, pero, en ocasiones, algunas concentraciones de CO<sub>2</sub> se ubicaron dentro del rango recomendado. Sin embargo, en investigaciones realizadas en manzanas Golden Delicious y Granny Smith mínimamente procesadas y envasadas en atmósfera modificadas se observó que las concentraciones de ambos gases fueron semejantes a las del presente estudio, ya que los autores observaron que al 7<sup>o</sup>. día de conservación obtuvieron 17% de O<sub>2</sub> y 4% de CO<sub>2</sub> (Abott et al., citados por Pereyra, 2011). Esto permite mencionar que, para las variedades estudiadas, durante ese tiempo de conservación del PMPF y teniendo en cuenta el tiempo de conservación de la MP utilizado, las películas plásticas empleadas no demostraron una adecuada permeabilidad al O<sub>2</sub> pudiendo provocar aumentos en las reacciones de oxidación, aumentos en la respiración y favorecer el desarrollo de microorganismos aerobios, disminuyendo así la vida útil del producto, pero esto no sucedió, explicándose más adelante en resultados de los parámetros del color medidos.

#### 4.2.2 Firmeza de la pulpa

La firmeza de la pulpa medida en los cascos de manzana Fuji elaborados con MP de 1,5 meses de conservación, no presentó interacción entre el tipo de envase y el tiempo de conservación del PMPF. Sin embargo, al analizar dichos factores individualmente, se notó que el tiempo de conservación del PMPF sí presentó diferencias ya que dicha variable fue disminuyendo con el transcurso de la conservación, de 6,47 N a los 0 días a 5,59 N a los 20 días, pero el tipo de envase no tuvo efecto (datos no mostrados).

La firmeza en los cascos de manzana elaborados a partir de MP de 4,5 meses, tampoco presentó efecto el tipo de envase sobre el tiempo de conservación del PMPF y dichos factores individualmente no presentaron diferencias. La firmeza se mantuvo en 4,96 N (datos no mostrados).

Continuando con la misma variedad, pero analizando los factores en cada tipo de envase, se observó que en los cascos de manzana envasados en PP no hubo interacción entre el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF. Analizando el tiempo de conservación del PMPF

se observó que la firmeza de la pulpa a los 20 días disminuyó 12% con respecto a la evaluación inicial, partiendo de 5,78 N. Al estudiar el efecto del tiempo de conservación de la MP se observó que las manzanas elaboradas a partir de MP conservada por 1,5 meses (5,98 N) presentaron 18 % más firmeza que aquellas manzanas elaboradas con MP conservada por 4,5 meses (4,90 N, datos no mostrados).

En cambio, en los cascotes de manzana envasados en PEBD sí se encontró interacción entre el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF. Como se observa en el Cuadro 10, en ambos tiempos de conservación de la MP se observó una disminución en la firmeza de la pulpa con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF., En los correspondientes a 1,5 meses, disminuyó 20 % desde el día 0 hasta el día 20 llegando a 5,19 N y en los correspondientes a 4,5 meses, disminuyó 5 % desde el inicio hasta el final, llegando a 4,7 N. Por otro lado, las manzanas elaboradas a partir de MP con 1,5 meses de conservación se presentaron 24 % más firmes al inicio y 20 % más a los 12 días que aquellas elaboradas con MP de 4,5 meses de conservación las cuales presentaron 4,9 N en ambos días (Cuadro 10).

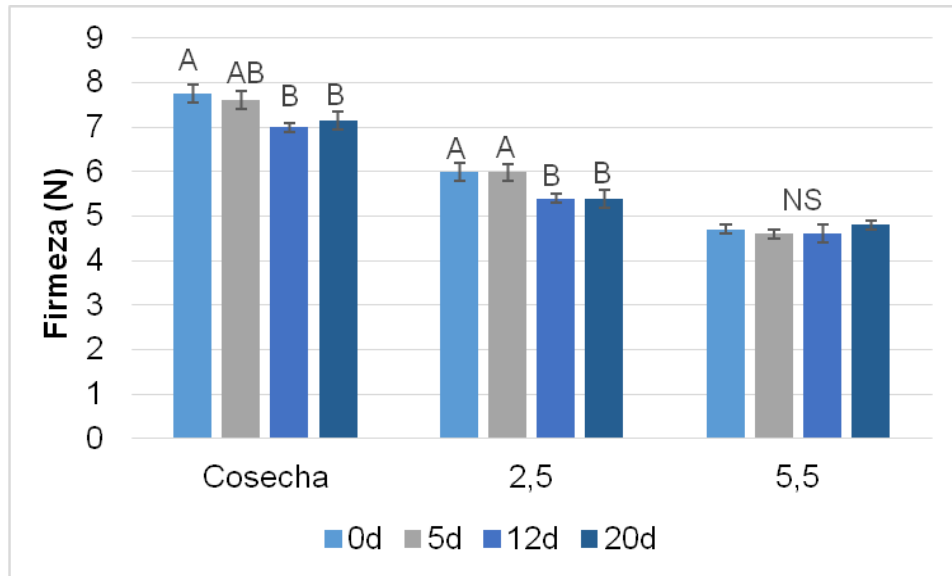
Cuadro No. 10. Evolución de la firmeza (N) durante la conservación de cascotes de manzana Fuji envasados en PEBD ilustrando las diferencias entre los tiempos de conservación de la MP

Tiempo de conservación del PMPF (días)	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	6,47 ± 0,20 Aa	4,9 ± 0,20 ABb
<b>5d</b>	5,98 ± 0,20 ABa	5,59 ± 0,20 Aa
<b>12d</b>	5,59 ± 0,09 BCa	4,9 ± 0,20 ABb
<b>20d</b>	5,19 ± 0,09 Ca	4,7 ± 0,20 Ba

Los valores corresponden a medias (n=24) ± error estándar de la media. Medias con letras distintas, mayúsculas para columnas y minúsculas para filas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

Pasando a la variedad Red Delicious, se puede decir que en ninguno de los tiempos de conservación de la MP (cosecha, 2,5 y 5,5 meses) se observó interacción entre el tipo de envase y el tiempo de conservación del PMPF. El factor individual tipo de envase tampoco determinó diferencias. Como lo detalla la Figura 19, el factor tiempo de conservación del PMPF presentó efecto en los cascotes de manzana procedentes de MP recién cosechada y conservada por 2,5 meses, presentándose 8 % menos firme al final de la

conservación del PMPF (7,15 N) en los cascós elaborados a partir de MP recién cosechada y 11 % menos firme al final de la conservación del producto (5,39 N) en los cascós elaborados a partir de MP de 2,5 meses de conservación. Cuando la MP se conservó por 5,5 meses, no se observaron diferencias en la firmeza de los cascós con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF manteniéndose en 4,60 N.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=48). Medias con letras distintas en un mismo tiempo de conservación son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

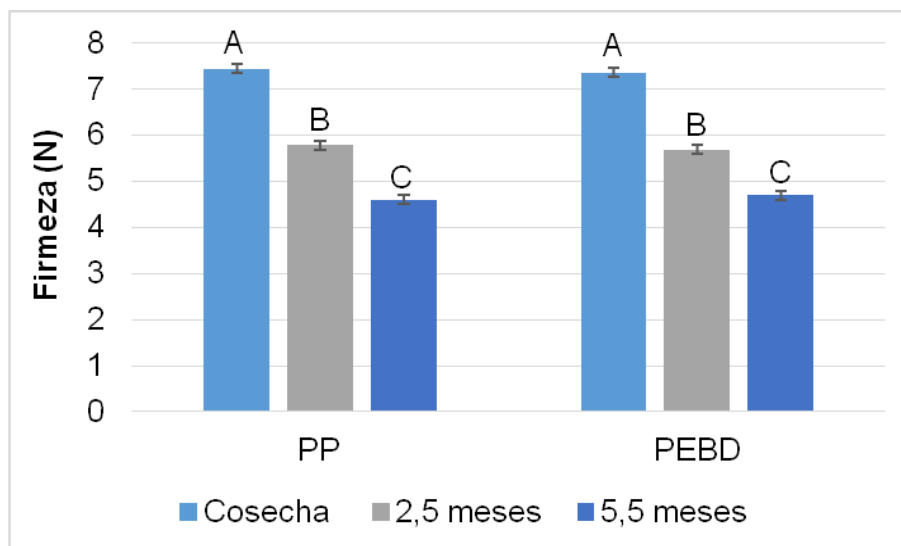
Figura No. 19. Evolución de la firmeza (N) durante la conservación de cascós de manzana Red Delicious procedentes de MP conservada por diferente tiempo

Al analizar el comportamiento de esta variedad en cada tipo de envase utilizado, observando el Cuadro 11 se puede decir que la firmeza de la pulpa disminuyó desde el inicio hasta el final de la conservación del PMPF, 6% en ambos tipos de envase siendo de 6,20 N la firmeza inicial. Los cascós de manzana elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación presentaron 36 y 38 % (en envases PP y PEBD respectivamente) menos de firmeza que aquellos elaborados con MP con menor tiempo de conservación tal como lo demuestra la Figura 20.

Cuadro No. 11. Evolución de la firmeza (N) durante la conservación de los cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes envases

Tiempo de conservación del PMPF (días)0	PP	PEBD
0d	6,20 ± 0,20 A	6,18 ± 0,20 A
5d	6,08 ± 0,20 AB	6,08 ± 0,20 AB
12d	5,68 ± 0,20 B	5,69 ± 0,20 B
20d	5,78 ± 0,20 B	5,78 ± 0,20 AB

Los valores corresponden a medias (n=72) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).



Medias con letras distintas en un mismo tipo de envase son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05). Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=96).

Figura No. 20. Evolución de la firmeza (N) de los cascos de manzanas Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos y envasados en PP y PEBD

De los resultados obtenidos se puede concluir que el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF tuvieron efecto sobre la firmeza de los cascos de manzana Red Delicious y Fuji. Se pudo



observar una disminución progresiva de la firmeza durante el tiempo de conservación del PMPF y una disminución de la firmeza en cascos elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación. Dicho resultado era esperable ya que durante la maduración ocurren cambios a nivel de las paredes celulares, las células se separan con mayor facilidad debido a que las pectinas no están tan adheridas a causa de la degradación y disolución de la laminilla media y como la firmeza depende entre otras cosas de la composición de la pared y de la adhesión entre las células, con el transcurso de los días, la fruta va madurando y disminuyendo su firmeza (Silveira 2009, Koyuncu et al. 2010, Altisent et al. 2014, Cortellino et al. 2015).

Lo reportado por varios autores coincide con el resultado obtenido en la presente tesis ya que observaron una disminución de la firmeza en el transcurso de los días de conservación del PMPF. Gübeli (2012) reportó para manzana Royal Gala mínimamente procesada sometidas a inmersión en agentes antiparadeantes como cisteína (0,1 %) y ácido ascórbico (0,4 %) que la firmeza al décimo día disminuyó siendo ésta de 5,2 Kgf y presentando al 0 día 6,6 Kgf. Cocci et al. (2006) observaron en cascos de manzana Golden Delicious luego de haber sido conservadas por dos meses a 2°C, que al día 0 la firmeza fue de 8,5 N y al día 8 la misma fue 50 % menor, correspondiendo a 4,6 N. Manzanas Gala mínimamente procesadas conservadas a 5°C, también disminuyeron la firmeza en un periodo de 12 días ya que al final del mismo la firmeza fue de 22,0 N siendo 30 % menor a la correspondiente al primer día (Pizato et al., 2013). Rocha y Morais (2003) en manzana de cv. Jonagored después de 10 días de conservación a 4° C, observaron una pérdida de firmeza del 50 % a medida que avanzaba la conservación del PMPF ya que al día 0 la firmeza fue de 36,0 N y al décimo día fue de 24,0 N. A su vez, manzana Fuji mínimamente procesada, conservada a 4°C durante un periodo de 21 días disminuyó de manera gradual su firmeza, pasando de 7,6 N iniciales a 4,0 N finales (Rojas-Graü et al., 2007). En cambio, Rojas-Graü et al. (2015) no obtuvieron los mismos resultados, ya que en un periodo de 14 días de evaluación de manzana Fuji mínimamente procesada se mantuvo relativamente constante la firmeza con valores entre 11,0 y 9,0 N y Qi et al. (2011) tampoco observaron disminución de firmeza en un periodo de almacenamiento de manzana Fuji mínimamente procesada conservada a 5°C manteniéndose la firmeza entre 6,0 y 7,0 N.

La disminución de la firmeza en cascos elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación también fue observada por Koyuncu et al. (2010) en manzana Granny Smith mínimamente procesada ya que los cascos provenientes de manzana conservada a 0 °C por 6 meses a los 0 días (12,4 N), 7 días (12,1 N) y a los 14 días (11,9 N) del PMPF fue menor comparada con la firmeza de los cascos elaborados a partir de MP de cosecha siendo los

valores de 10,2 N, 9,2 N, 9,1 N, según los días respectivamente. Chápper et al. (2003) reportaron un resultado similar en manzana entera sin procesar variedad Cripps Pink donde aquellas manzanas conservadas 3 y 4 meses presentaron mayor ablandamiento con respecto a las evaluadas luego de cosecha, 1 y 2 meses, tal es así que a 0 días a temperatura ambiente las conservadas hasta 3 meses presentaron una firmeza de 8,0 Kgf a diferencia de las de mayor tiempo de conservación que presentaron 6,0 Kgf.

Cortellino et al. (2015) afirman que la firmeza de la manzana mínimamente procesada durante su conservación depende en gran medida de la disponibilidad de O<sub>2</sub> dado por el envasado en atmósfera modificada y por la permeabilidad de la película plástica del envase ya que menores concentraciones de O<sub>2</sub> favorecen a preservar la firmeza debido a que disminuyen las reacciones bioquímicas responsables del ablandamiento. A pesar de ello, en la presente tesis no se observaron diferencias entre los distintos envases empleados, los cuales presentan una permeabilidad selectiva a los gases distinta.

En términos generales, los valores de firmeza obtenidos en la presente tesis para ambas variedades de manzana estudiadas fueron los mismos ya que Red Delicious obtuvo valores entre 5,0-8,0 N y Fuji entre 5,0-6,0 N. Comparando dichos resultados con demás trabajos realizados por otros autores se puede observar que los valores de firmeza correspondiente a la variedad Fuji se encuentran entre los obtenidos en otros trabajos.

#### 4.2.3 Pérdida de peso

Los cascotes provenientes de manzana Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 y 4,5 meses de conservación no presentaron interacción significativa entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. Dichos factores individuales tampoco presentaron efecto. Por lo tanto, los cascotes mantuvieron su peso durante los 20 días a 0 °C tanto en PP como en PEBD. El porcentaje de pérdida no superó 1 % (datos no mostrados). Continuando con la misma variedad, pero analizando los factores en cada tipo de envase, tampoco se encontró interacción entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF. Sus factores individuales tampoco presentaron efecto. El porcentaje de pérdida no superó el 0,8 % (datos no mostrados). Esto indica que, desde el punto de vista de la pérdida de peso, la conservación previa de la MP no ejerce ninguna influencia.

En el caso de los cascotes provenientes de manzana Red Delicious, se observó el mismo comportamiento que en la variedad anterior cuando la MP era recién cosechada y de 2,5 meses de conservación, sin interacción entre

tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase, ni efecto individual de los factores. Las pérdidas nunca superaron el 0,5 %. En cambio, cuando los cascotes se elaboraron a partir de MP de 5,5 meses de conservación a los 12 y 20 días el envase PEBD presentó mayor porcentaje de pérdida (0,67 y 0,87 % respectivamente) que los envasados en PP (0,20 y 0 % respectivamente). En el envase PP el tiempo de conservación del PMPF se vio afectado ya que el porcentaje de pérdida fue aumentando con el transcurso del tiempo, llegando a 0,87 % a los 20 días (datos no mostrados).

Dentro de cada tipo de envase, se observó que en los cascotes envasados en PP y en PEBD, al igual que en la variedad Fuji, no hubo interacción entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF. Los factores individuales tampoco presentaron efecto. El porcentaje de pérdida no superó el 0,8 % (datos no mostrados).

De acuerdo a los resultados, la pérdida de peso por deshidratación no tuvo relevancia en los PMPF elaborados a partir de la variedad Fuji y a partir de MP recién cosechada y de 2,5 meses de conservación de la variedad Red Delicious, ya que la misma se presentó invariable en el transcurso de los días del periodo de evaluación. En los casos que hubo pérdida de peso ésta nunca llegó a superar el 1 %. Los diferentes tipos de envases, no repercutieron en dicha variable, por lo tanto, la permeabilidad al vapor del agua de ambas películas plásticas estudiadas se podría decir que fue adecuada.

Al igual que lo ocurrido en la presente tesis, Koyuncu et al. (2010) determinaron que, los cascotes de manzana Granny Smith envasados en cajas de plástico y almacenados a 0°C y 90 ± 5% HR, no presentaron diferencias en la pérdida de peso con el transcurso de la conservación del PMPF. Estos mismos autores reportaron que los cascotes provenientes de MP de diferente tiempo de conservación sí presentaron diferencias, ya que los elaborados inmediato a cosecha presentaron menor porcentaje de pérdida (0,07 %) que los elaborados a partir de MP de 6 meses de conservación a 0 °C y 90 % HR (0,17 %) a los 14 días de evaluación. Lo mismo fue reportado por Robledo (2007) ya que observó 1,5% de pérdida de peso a los 12 días de la evaluación cuando las chirimoyas fueron procesadas inmediatamente luego de la cosecha y conservadas a 2°C, con relación a aquellas procesadas luego de 6 días a 20°C que presentaron más deshidratación, casi 2% de pérdida de peso. Durante el proceso de maduración los frutos van perdiendo integridad de las membranas lo que permite la fuga de solutos osmóticos resultando en movimientos de agua, por lo que los cascotes provenientes de MP con más tiempo de conservación están más maduros y son propensos a mayores pérdidas de peso por deshidratación (Toivonen y Brummell, 2008). Esto no sucedió en la presente tesis ya que el porcentaje pérdida para los cascotes

elaborados a partir de MP de diferente tiempo de conservación en ambas variedades no tuvo diferencias.

También en esta tesis se observó que en cascotes de manzana Red proveniente de MP de 5,5 meses de conservación y envasados en PP, a medida que transcurrían los días el porcentaje de pérdida de peso fue en aumento, esto concuerda con lo reportado por Rocha y Morais (2003) que observaron en manzana mínimamente procesada cv. Jonagored, que la pérdida de peso fue aumentando con el transcurso de los días de conservación del PMPF, siendo la misma bastante baja, llegando a 0,22% de pérdida a los 10 días.

#### 4.2.4 Parámetros del color

Los cascotes de manzana Fuji provenientes de MP de 1,5 meses de conservación no presentaron interacción entre tiempo de conservación del PMPF y el tipo de envase en los parámetros de color medidos, luminosidad, saturación y tono (datos no mostrados). En cambio, analizando los factores por separado, el tiempo de conservación del PMPF sí tuvo efecto en los tres parámetros, como lo demuestra el Cuadro 12. Se puede observar que con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF la luminosidad y la saturación aumentan, pero el tono disminuye.

Cuadro No. 12. Evolución de los valores de luminosidad, tono y saturación durante la conservación de los cascotes de manzana Fuji procedentes de MP conservada por 1,5 meses

Tiempo de conservación del PMPF (días)	1,5 meses		
	Luminosidad	Tono	Saturación
0d	69,98 ± 0,30 B	97,35 ± 0,37 A	13,78 ± 0,20 B
5d	70,04 ± 0,21 B	94,87 ± 0,33 B	13,30 ± 0,16 B
12d	71,59 ± 0,27 A	94,29 ± 0,33 B	13,63 ± 0,18 B
20d	72,00 ± 0,22 A	92,33 ± 0,28 C	14,49 ± 0,15 A

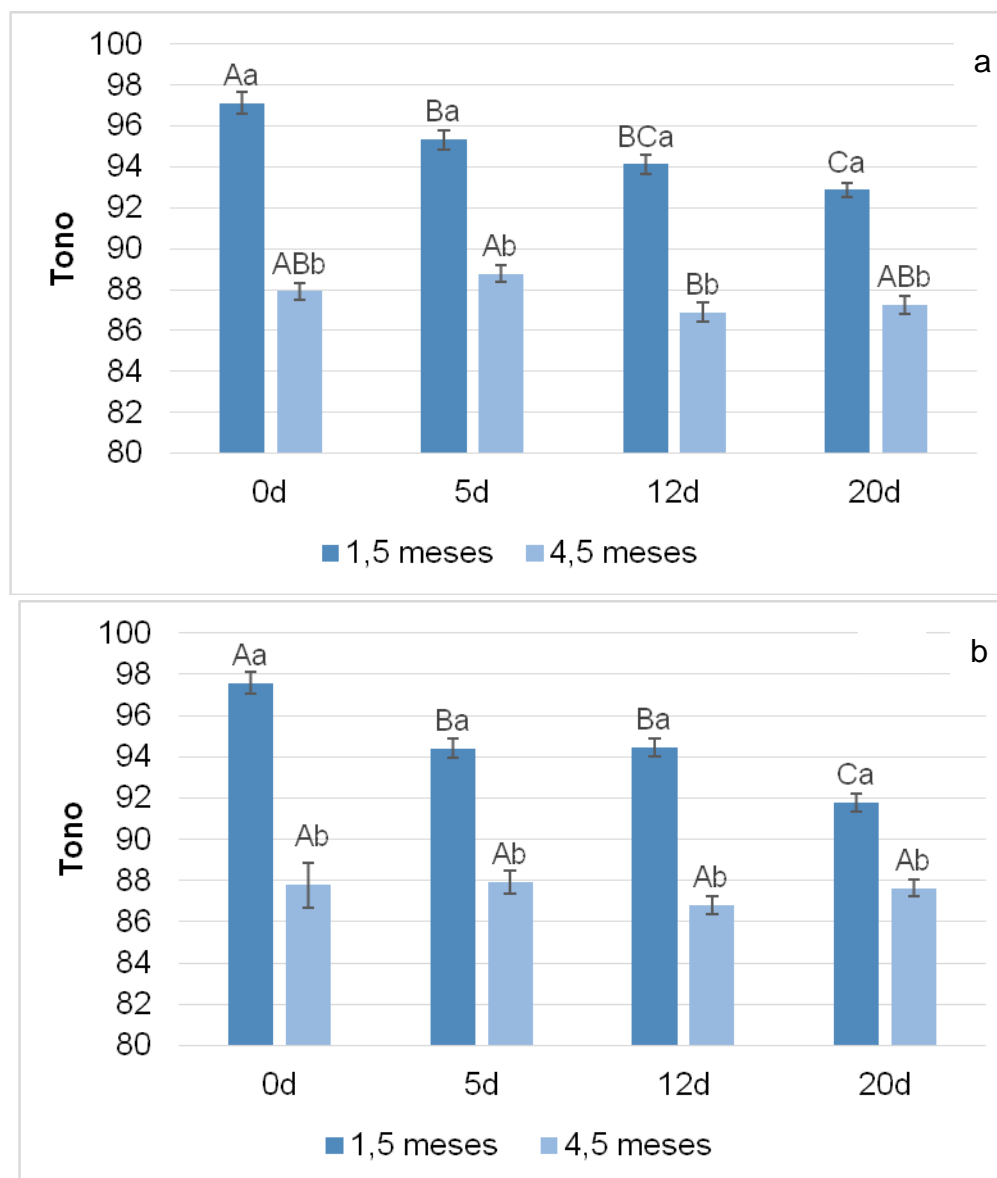
Los valores corresponden a medias (n=96) ± error estándar de la media. Para cada parámetro del color, medias con letras distintas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

Por otro lado, los cascotes de manzana elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación tampoco presentaron interacción entre el tiempo de conservación del PMPF y el tipo de envase en los tres parámetros del color

estudiados. Los valores de luminosidad presentaron un promedio de 68, los de tono de 87° y los de saturación de 18,43 (datos no mostrados).

Para la misma variedad, pero analizando los factores en cada tipo de envase, se observó que los cascos envasados en PP y PEBD no presentaron interacción significativa entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF, así como tampoco efecto individual de los factores en el parámetro de luminosidad, manteniéndose el valor entre 68 y 71. Estudiando el parámetro de tono, sí se observó interacción entre el tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF.

Como lo detalla la Figura 21, en ambos tipos de envase en todos los tiempos de conservación del PMPF los cascos provenientes de MP de mayor tiempo de conservación presentaron menores valores de tono. También, el tono fue disminuyendo en aquellos cascos elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación, a medida que transcurría el tiempo de conservación del PMPF. En el caso de la saturación, no se encontró interacción entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF, ni efecto de los factores individuales, en aquellos cascos envasados en PP. En cambio, los cascos envasados en PEBD sí presentaron interacción, siendo que en todos los tiempos de conservación del PMPF los cascos elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación presentaron menor saturación (promedio 13,85) que los elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación (promedio 18,51). En lo que respecta a las diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF, éstas no se observaron para ninguno de los tiempos de conservación de la MP (datos no mostrados).



(a: PP, b: PE)

Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=48). Medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 21. Evolución del tono durante la conservación de cascos de manzana Fuji procedentes de MP conservada por diferente tiempo

Estudiando la variedad Red Delicious se pudo observar que el parámetro de luminosidad no presentó interacción entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF en los cascos

elaborados a partir de MP recién cosechada, de 2,5 y de 4,5 meses de conservación. Analizando los factores individualmente, se observó que el tipo de envase sí presentó efecto. En aquellos cascos provenientes de cosecha envasado en PP presentaron menor luminosidad (72,9) que los envasados en PEBD (73,8), a diferencia de aquellos cascos provenientes de MP de 2,5 y 5,5 meses de conservación en los cuales el envase PP determinó que los cascos tuvieran mayor luminosidad (72,1 y 74,7 respectivamente) que los envasados en PEBD (70,6 y 71,7 respectivamente, datos no mostrados).

Con respecto al parámetro tono, en los cascos provenientes de MP recién cosechada, de 2,5 y de 5,5 meses de conservación, no ocurrió interacción entre el tiempo de conservación del PMPF y el tipo de envase. De los parámetros individuales se observó que el tiempo de conservación del PMPF sí tuvo efecto, por lo que el tono fue disminuyendo con el transcurso del tiempo. En el caso de cascos de MP recién cosechada esta disminución fue del 7 %, con un valor inicial de 101,91 °; en los de MP de 2,5 meses disminuyó 5 % con un valor inicial de 99,9 ° y en los de MP de 5,5 meses disminuyó 9 % presentando un valor inicial de 92,98 ° (Cuadro 13).

Cuadro No. 13. Evolución del tono durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	Tono		
	Cosecha	2,5 meses	5,5 meses
<b>0d</b>	101,91 ± 0,59 A	99,90 ± 0,44 A	92,98 ± 0,36 A
<b>5d</b>	96,80 ± 0,80 B	97,68 ± 0,56 B	92,93 ± 0,50 A
<b>12d</b>	94,26 ± 0,73 C	96,26 ± 0,39 B	87,95 ± 0,33 B
<b>20d</b>	94,67 ± 0,58 BC	94,43 ± 0,50 C	84,43 ± 0,30 B

Los valores corresponden a medias (n=96) ± error estándar de la media. Para cada tiempo de conservación de la MP, medias con letras distintas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

La saturación de, los cascos elaborados a partir de MP recién cosechada, de MP de 2,5 y de 5,5 meses de conservación no presentó interacción entre el tiempo de conservación de la materia prima y el tipo de envase. Tampoco determinaron diferencias los factores individuales. El valor promedio para cascos elaborados a partir de MP de cosecha fue de 13,51°, de 2,5 meses fue de 13,18° y de 5,5 meses fue de 16,94° (datos no mostrados).

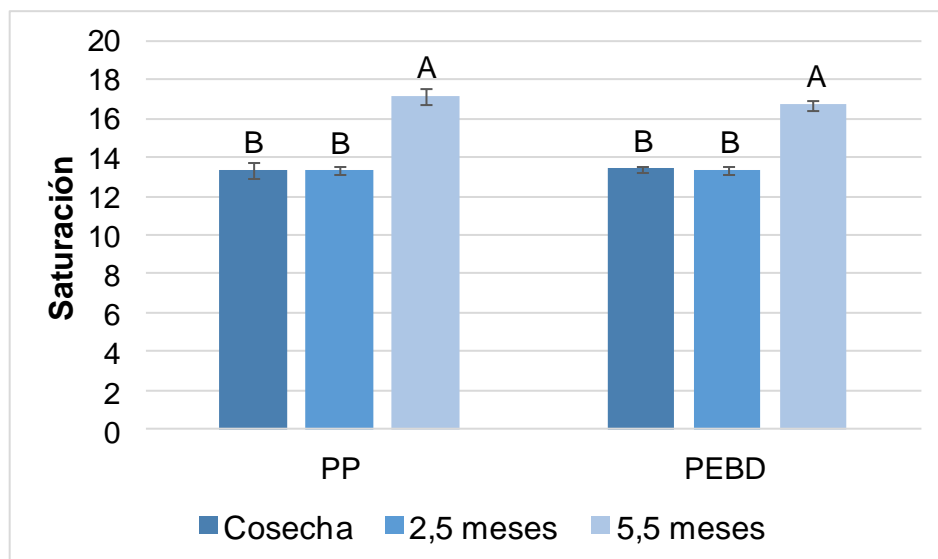
El análisis de los factores en cada tipo de envase, mostró que los cascos envasados en PP y PEBD no fueron afectados por la interacción entre el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF en todos los parámetros del color evaluados. Analizando los factores individualmente se observó que el tiempo de conservación del PMPF no tuvo efecto en ninguno de los parámetros, en cambio el factor tiempo de conservación de la MP sí determinó diferencias en tono y saturación. Como lo demuestra el Cuadro 14 el tono disminuyó 4 % en aquellos cascos envasados con MP de mayor tiempo de conservación. La Figura 22 detalla como la saturación aumentó en aquellos cascos provenientes de MP de 5,5 meses de conservación ya que los provenientes de MP recién cosechada y de MP de 2,5 meses presentaron igual saturación.

Cuadro No. 14. Evolución del tono en los cascos de manzana Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases y procedentes de MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación de la MP (días)	Tono	
	PEBD	PEBD
<b>Cosecha</b>	96,78 ± 0,50 A	97,00 ± 0,74 A
<b>2,5 meses</b>	97,21 ± 0,42 A	96,93 ± 0,36 A
<b>5,5 meses</b>	92,02 ± 0,37 B	93,09 ± 1,00 B

Los valores corresponden a medias (n=192) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).





Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=192). Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 22. Evolución de los valores de saturación en cascos de manzana Red Delicious procedentes de MP conservada por diferentes tiempos y envasados en diferentes tipos de envases

De todos los resultados obtenidos se pudo observar que la luminosidad fue el parámetro que menores diferencias presentó en cuanto al transcurso del periodo de conservación del PMPF y entre los diferentes tiempos de conservación de la MP. La luminosidad entendida como claridad u oscuridad se representa en el espacio del color entre 0 y 100, donde el primer valor corresponde al color negro y el segundo al color blanco es así que según Paredes (2010), dicho parámetro es un buen indicador del pardeamiento enzimático en la fruta, ya que, una disminución en el mismo indicaría un oscurecimiento en la fruta, es decir un pardeamiento. En la presente tesis, para ambas variedades los valores estuvieron en el rango de 68-75. Rojas-Graü et al. (2007), reportaron para manzana Fuji mínimamente procesada envasadas en bandejas de polipropileno y conservadas por 21 días a 4°C que la luminosidad sí presentó diferencias durante el periodo de evaluación del PMPF ya que, al día 0 fue de 63 y a los días 7, 14 y 21 disminuyó llegando a 52. Este descenso también fue observado por Paredes (2010) en manzana Fuji mínimamente procesada envasada en tarrinas con tapa de polietileno y conservada a 5 °C por 9 días donde al día 0, el tratamiento con cisteína (0,1 %) más ácido ascórbico (0,5 %) presentó una luminosidad de 78 la cual fue disminuyendo llegando a 72 al final del periodo de evaluación del PMPF.

Gübeli (2012) también reportó una disminución en el valor de luminosidad en manzana Royal Gala mínimamente procesada elaborada luego de 3 meses de conservación a 0 °C y envasada en tarrinas de polietileno, donde el tratamiento con cisteína (0,1 %) más ácido ascórbico (0,4 %) presentó 83 al día 0 y al final del periodo de evaluación del PMPF (día 10), un valor de 74. Lo reportado por Alday (2012) concuerda con los anteriores resultados ya que en manzana Red Delicious mínimamente procesada envasada en tarrinas revestidas con una película de cloruro de polivinilo y conservadas a 5 °C, donde el primer día presentaron 73,9 y al octavo día presentaron 68,7. La disminución que ocurrió, en los trabajos anteriormente detallados, de la luminosidad en el transcurso del periodo de evaluación del PMPF es de esperar en estos tipos de productos, pero si el antipardeante es efectivo dicho descenso no debería ser significativo, resultado alcanzado en la presente tesis.

El valor de tono para ambas variedades presentó diferencias entre los días de conservación del PMPF disminuyendo con el transcurso de la conservación del PMPF y también fue menor en aquellos cascos provenientes de MP conservada por mayor tiempo. Dicho parámetro hace referencia a lo que coloquialmente se llama color y se mide como un ángulo en grados, entre 0° y 360°. Observando el color en el espacio y sabiendo que en la presente tesis el tono rondó los 85-100°, se puede decir que el color de la pulpa de los cascos estuvo entre naranja (45°) - amarillo (90°) – verde (180°), siendo los valores menores los correspondientes a colores más oscuros como los naranjas. Por lo tanto, los cascos más maduros, es decir, los correspondientes a la evaluación de los 20 días y los provenientes de MP con mayor tiempo de conservación presentan coloraciones más naranjas (menores valores de tono). Estas coloraciones podrían indicar también pardeamiento. Resultados similares fueron obtenidos por varios autores, Rojas-Graü et al. (2007) en manzana Fuji mínimamente procesada, observaron que el valor a los 0 y 7 días fue de 94° y a los 14 y 21 días fue de 92°, es decir que la manzana presentaba tonalidades amarillas. Alday (2012) observó en manzana Red Delicious mínimamente procesada y conservada a 5 °C que el valor de tono disminuyó con el tiempo de conservación del PMPF ya que al inicio fue de 112° y al final del periodo de evaluación fue de 81,3°, lo que significa que la manzana tenía un color inicial más amarillo y pasó a un color más rojizo vinculado al proceso de pardeamiento. Gübeli (2012) reportó para manzana Royal Gala mínimamente procesada un valor de tono de 112° al día 0 de evaluación del PMPF el cual fue disminuyendo llegando a 84° al día 10. Este descenso también fue observado por Paredes (2010) en manzana Fuji mínimamente procesada envasada en tarrinas con tapa de polietileno y conservada a 5 °C ya que los cascos sumergidos en cisteína (0,1 %) más ácido ascórbico (0,5 %) presentaron al primer día 103° y al noveno día 93°.

El valor de saturación para ambas variedades también presentó diferencias, pero en este caso el mismo aumentó hacia el final de la conservación del PMPF y entre los diferentes tiempos de conservación de la MP siendo la de mayor conservación la que más saturación tuvo. Dicho parámetro define el grado de pureza de cada color y se mide entre 0 (gris) y 100 (saturación completa). Según los resultados obtenidos los cascos de manzana evaluados a los 12 y 20 días y los elaborados a partir de MP de 4,5 y 5,5 meses de conservación presentaron un color más puro, más saturado pero dicho valor no superó 20 %. Dicho resultado concuerda con lo reportado por varios autores, uno de ellos, Alday (2012) donde observó en manzana Red Delicious mínimamente procesada y conservada a 5 °C que la saturación aumento con el transcurso de la conservación del PMPF, presentando 31,6 el primer día y 35,9 al octavo día. Gübeli (2012) reportó para manzana Royal Gala mínimamente procesada un valor de 21 de saturación al día 0 el cual aumentó llegando a 28,3 en el día 8.

Rodríguez et al. (2016), quienes estudiaron el efecto del procesamiento mínimo de manzana Granny Smith y midieron el color, obtuvieron valores de luminosidad de 75,87, tono de 90,80° y saturación de 16,71 para el tratamiento control el cual no fue sumergido en ningún antipardeante y para el tratamiento con aplicación de ácido cítrico, ácido ascórbico e infusión de yerba mate reportaron un valor de 77,77 de luminosidad, 94,75° de tono y 16,33 de saturación. Comparando los valores obtenidos en la presente tesis de los tres parámetros del color estudiados con los observados por otros autores, anteriormente explicitados, se puede decir que dichos valores son comparables con los obtenidos en otros estudios de manzana mínimamente procesada.

Rocha y Morais (2003), en manzana cv. Jonagored mínimamente procesada, obtuvieron valores de luminosidad y tono similares a los reportados en la presente tesis, sin embargo, el proceso de elaboración no fue el mismo ya que los cascos de manzana Jonagored no fueron sumergidos en ningún antipardeante, es por esto que los resultados de dicho estudio demostraron que al día 3 de la evaluación los cascos de manzana presentaron cambios severos en el color, ya que la luminosidad bajo de 80 a 73 y luego siguió disminuyendo levemente hasta el final de la evaluación (día 10) y el tono bajo de 101° a 94° para luego mantenerse hasta el final. El valor de saturación se presentó más alto comparando con las manzanas de la presente tesis y también al tercer día presentó un cambio brusco, aumentando de 27 a 33, permaneciendo hasta el final con dicho valor. Por lo tanto, se puede concluir que, si bien los valores fueron similares, son distintas variedades de manzana que pueden variar su composición del color de la pulpa, pero se

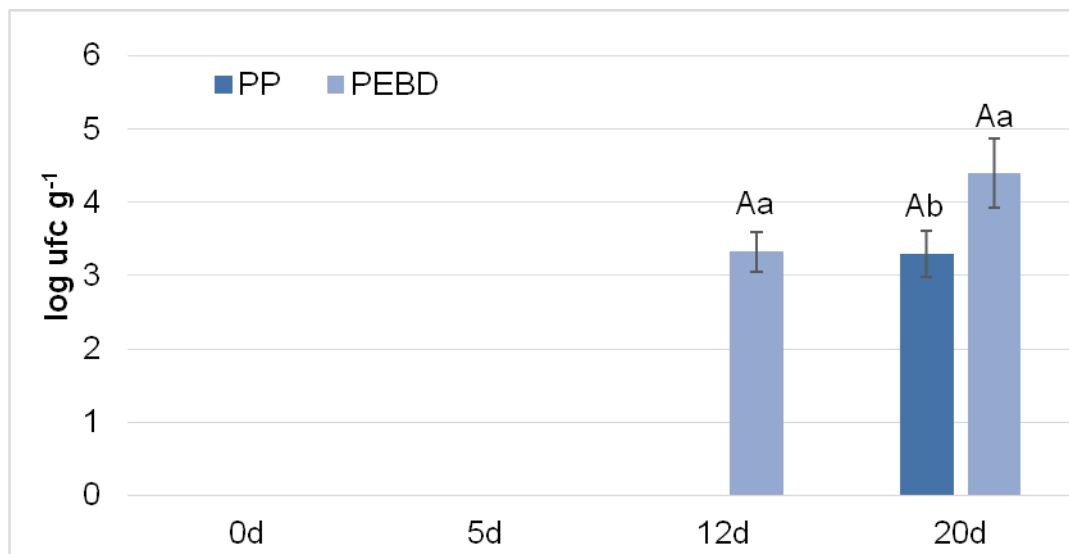
observó que los cascos que no fueron sumergidos en antipardeante, disminuyeron su calidad, referida al color, ya al tercer día de conservado el PMPF, atribuyendo esto al pardeamiento enzimático, considerándose factor limitante en la vida útil de los PMPF (Denoya et al., 2012).

Se observó que el tipo de envase no tuvo efecto en el cambio de color de los cascos de manzana de las dos variedades estudiadas, por lo que se puede deducir que la composición de la atmósfera lograda por los dos tipos de envases repercutió de igual forma sobre las reacciones de oxidación.

### 4.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

#### 4.3.1 Psicrófilos

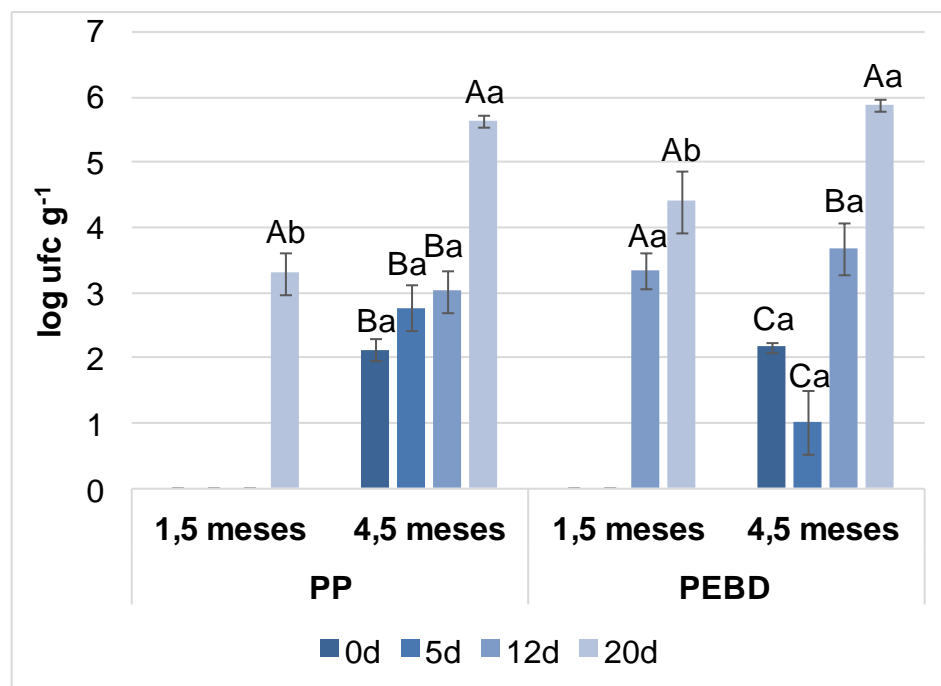
Los cascos de manzana Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación resultaron afectados por el tipo de envase y el tiempo de conservación del PMPF. A los 12 y 20 días fueron los momentos en que se observó crecimiento de estos microorganismos, que se notó mayor en aquellos cascos envasados en PEBD (Figura 23). Por otro lado, los cascos de manzana elaborados a partir de MP de 4,5 meses no mostraron la interacción anteriormente nombrada, pero el factor tiempo de conservación del PMPF sí determinó diferencias, ya que fue aumentando la cantidad de microorganismos desde el principio hasta el final, comenzando con  $2,15 \log \text{ ufc g}^{-1}$  y presentando al final  $5,75 \log \text{ ufc g}^{-1}$ . El tipo de envase no tuvo efecto, es decir que fue indistinto usar envases de PP o de PEBD para la conservación de los cascos de manzana ya que sus crecimientos fueron, de  $3 \log \text{ ufc g}^{-1}$  en ambos casos (datos no mostrados).



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=192). Medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tipo de envase en cada momento, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 23. Cantidad de psicrófilos (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la de cascós de manzanas Fuji proveniente de MP conservada por 1,5 meses y envasados en diferentes tipos de envases

El análisis en cada tipo de envase, mostró que, en ambos, el crecimiento fue afectado tanto por el tiempo de conservación de la MP como por el tiempo de conservación del PMPF. Tal como lo detalla la Figura 23, los envasados en PP y provenientes de MP de 4,5 meses presentaron mayor recuento que los provenientes de MP de 1,5 meses en todos los días de conservación del PMPF. A los 20 días se observó mayor crecimiento que en los restantes días evaluados, en los cascós provenientes de ambos tiempos de conservación de la MP. Los envasados en PEBD y elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación presentaron mayor crecimiento a los 0 y 20 días, y a medida que transcurrió el tiempo de conservación del PMPF el crecimiento de los psicrófilos fue en aumento (Figura 24).



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 24. Cantidad de psicrófilos ( $\log \text{ufc g}^{-1}$ ) durante la conservación de cascotes de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascotes elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos

Para la variedad Red Delicious, los cascotes provenientes de MP recién cosechada, de 2,5 y de 5,5 meses de conservación no mostraron interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase (datos no mostrados). Sin embargo, analizando dichos factores individualmente se observó que el tiempo de conservación del PMPF sí determinó diferencias, como lo detalla el Cuadro 15, observándose un crecimiento mayor de psicrófilos hacia el final de la conservación del PMPF. Los cascotes envasados en PP y PEBD tuvieron el mismo crecimiento. Los de cosecha no superaron  $2 \log \text{ufc g}^{-1}$ , los de 2,5 meses no superaron  $3 \log \text{ufc g}^{-1}$  y los de 5,5 meses no superaron  $2 \log \text{ufc g}^{-1}$  (datos no mostrados).

Cuadro No. 15. Cantidad de psicrófilos (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious proveniente de MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	4,5 meses	2,5 meses	5,5 meses
0d	13,73 ± 0,12 A	<1 ± 0,00 C	2,03 ± 0,05 B
5d	13,92 ± 0,12 A	<1 ± 0,22 B	<1 ± 0,35 B
12d	12,71 ± 0,21 B	3,78 ± 0,16 A	<1 ± 0,45 B
20d	12,69 ± 0,18 B	5,02 ± 0,09 A	4,20 ± 0,84 A

Los valores corresponden a medias (n=6) ± error estándar de la media. Para cada tiempo de conservación de la MP, medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

En cada tipo de envase, solo se encontraron diferencias entre el tiempo de conservación, en ambos tipos de envase, observándose un aumento de crecimiento hacia el final de la conservación del PMPF (Cuadro 16). Los cascós elaborados a partir de MP almacenada por diferentes tiempos, tuvieron el mismo crecimiento no superando los 3 log ufc g<sup>-1</sup>.

Cuadro No. 16. Cantidad de psicrófilos (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious envasados en distintos tipos de envases

Tiempo de conservación del PMPF (días)	PP	PEBD
0d	<1 ± 0,37 BC	<1 ± 0,33 C
5d	<1 ± 0,19 C	<1 ± 0,23 C
12d	1,94 ± 0,67 B	2,48 ± 0,53 B
20d	4,72 ± 0,17 A	4,22 ± 0,55 A

Los valores corresponden a medias (n=6) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

#### 4.3.2 Aerobios mesófilos totales

La cantidad de aerobios mesófilos totales en cascotes de manzana Fuji proveniente de MP conservada 1,5 meses no presentó diferencias, es decir que el crecimiento de los mesófilos no fue afectado ni por el tiempo de conservación ni por el tipo de envase utilizado. Los recuentos no superaron las 2,0 log ufc g<sup>-1</sup>. En los cascotes provenientes de MP de 4,5 meses ocurrió lo mismo. Con relación al tiempo de conservación del PMPF, a los 20 días se contabilizó mayor cantidad que en los restantes días de conservación del PMPF llegando a 3,5 log ufc g<sup>-1</sup>. La cantidad de microorganismos en los cascotes envasados en PP y PEBD fue la misma no superando las 1,5 log ufc g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

En los cascotes envasados en PP se observó que en los días 12 y 20 los cascotes elaborados a partir de MP de mayor tiempo de conservación presentaron mayor cantidad de aerobios mesófilos totales. A su vez, la cantidad de dichos microorganismos contabilizados a los 20 días, en los cascotes elaborados a partir de los dos tiempos de conservación tuvieron mayor crecimiento que los restantes días (Cuadro 17). En cambio, los cascotes envasados en PEBD, solo presentaron diferencias en el tiempo de conservación del PMPF, ya que el día 0 no tuvo crecimiento, pero en el día 20 se contabilizaron 2,2 log ufc g<sup>-1</sup>. El crecimiento en los cascotes elaborados a partir de MP de 1,5 y de 4,5 meses de conservación fue el mismo, no superando 2,0 log ufc g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

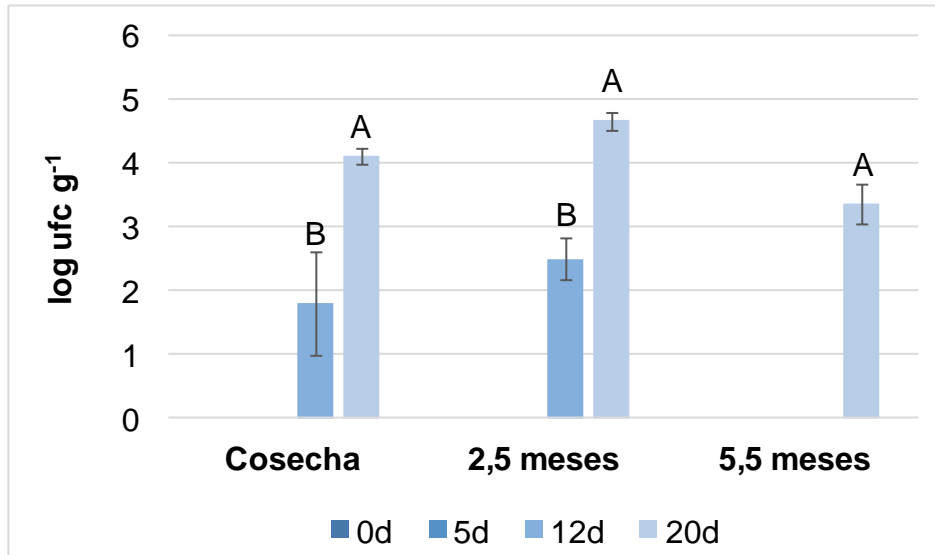
Cuadro No. 17. Cantidad de aerobios mesófilos totales (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la conservación de cascotes de manzanas Fuji envasados en PP y elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos

<b>Tiempo de conservación del PMPF (días)</b>	<b>1,5 meses</b>	<b>4,5 meses</b>
<b>0d</b>	<1 ± 0,3 Ba	<1 ± 0,0 Ba
<b>5d</b>	<1 ± 0,0 Ba	<1 ± 0,3 Ba
<b>12d</b>	<1 ± 0,0 Bb	1,7 ± 0,2 Ba
<b>20d</b>	2,3 ± 1,1 Ab	4,0 ± 0,4 Aa

Los valores corresponden a medias (n=6) ± error estándar de la media. Medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).



La cantidad de aerobios mesófilos totales en cascós de manzana de variedad Red Delicious elaborados a partir de MP recién cosechada, de 2,5 y 5,5 meses de conservación, tal como lo detalla la Figura 25, presentó mayor crecimiento al final de la conservación del PMPF, no superando 5 log ufc g<sup>-1</sup>.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=6). Para cada tiempo de conservación de la MP, medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

Figura No. 25. Cantidad de aerobios mesófilos totales (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos

En cada tipo de envase, se observó que los cascós envasados en PP y PEBD no fueron afectados por la interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tiempo de conservación de la MP. Sin embargo, el tiempo de conservación del PMPF sí presentó efecto observándose crecimiento solo a los 12 días (2,0 log ufc g<sup>-1</sup>) y a los 20 días (4,0 log ufc g<sup>-1</sup>). Los cascós elaborados a partir de MP recién cosechada, de 2,5 y de 5,5 meses tuvieron el mismo crecimiento, no superando 2,0 log ufc g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

### 4.3.3 *Enterobacteriaceae*

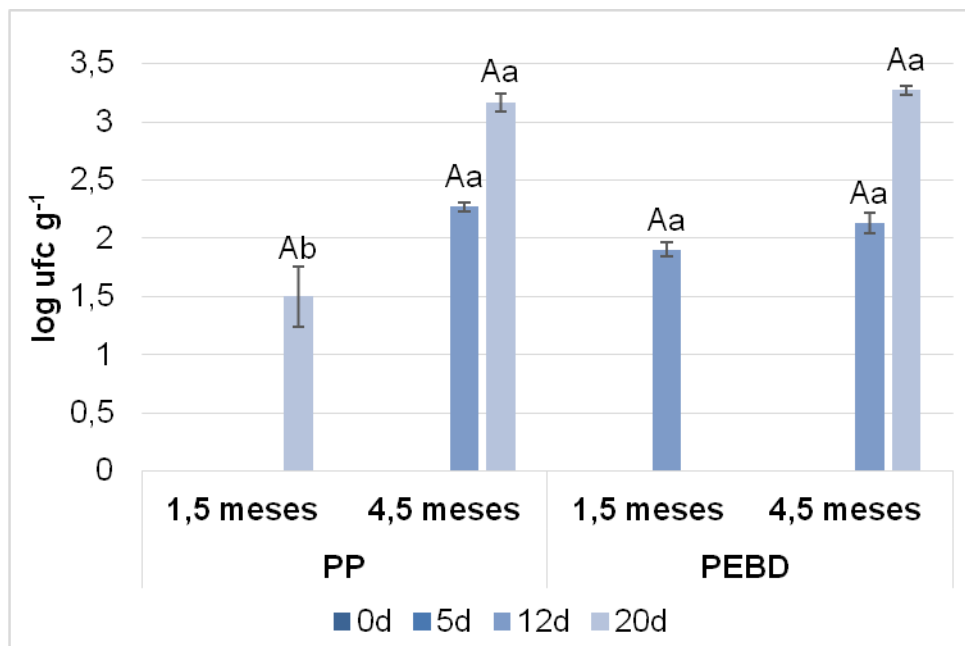
No se encontraron diferencias entre los cascos de manzana Fuji envasados en PP y PEBD con un crecimiento menor que  $1,0 \log \text{ufc g}^{-1}$ , lo que se observó tanto en la MP almacenada durante 1,5 meses como en la almacenada por 4,5 meses (datos no mostrados). Como se detalla en el Cuadro 18, solo se observó crecimiento al final del tiempo de conservación del PMPF, que correspondió a los 12 y 20 días.

Cuadro No. 18. Cantidad de *Enterobacteriaceae* ( $\log \text{ufc g}^{-1}$ ) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji proveniente de MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	1,5 meses	4,5 meses
0d	$<1 \pm 0,00$ B	$<1 \pm 0,17$ C
5d	$<1 \pm 0,00$ B	$<1 \pm 0,25$ C
12d	$1,13 \pm 0,54$ A	$2,20 \pm 0,05$ B
20d	$1,20 \pm 0,56$ A	$3,22 \pm 0,04$ A

Los valores corresponden a medias ( $n=6$ )  $\pm$  error estándar de la media. Para cada tiempo de conservación de la MP, medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Al analizar el comportamiento de los cascos envasados en cada tipo de envase, tanto en PP como en PEBD, solo se observó crecimiento al final (12 y 20 días) del tiempo de conservación del PMPF donde cascos provenientes de MP de 4,5 meses presentaron mayor crecimiento que los provenientes de 1,5 meses (Figura 26).

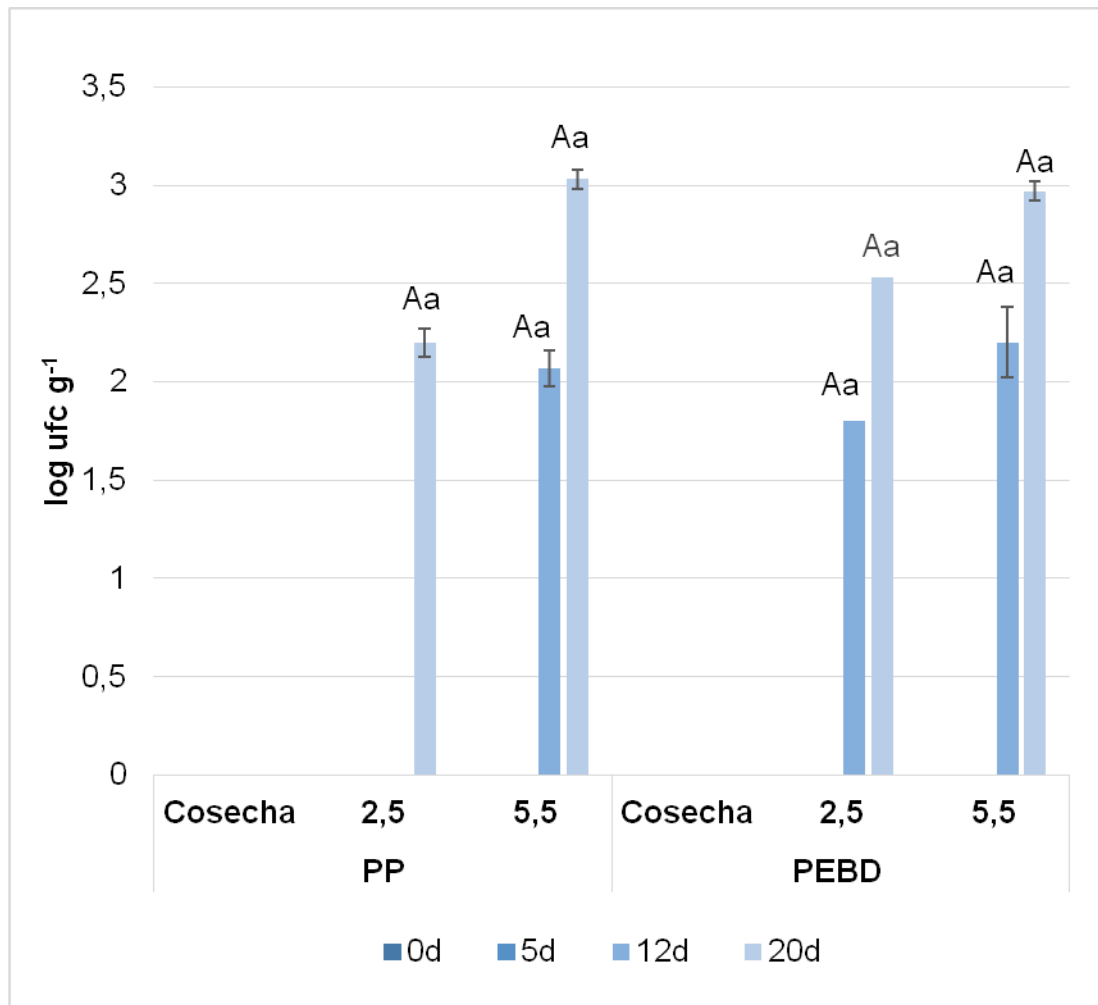


Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 26. Cantidad de *Enterobacteriaceae* (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la conservación de cascotes de manzanas Fuji envasados en distintos tipos de envases e ilustrando diferencias entre cascotes elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos

Los cascotes de manzana Red Delicious provenientes de MP recién cosechada, presentaron un crecimiento menor a 1,0 log ufc g<sup>-1</sup> (datos no mostrados). Los provenientes de MP de 2,5 meses de conservación solo presentaron crecimiento al final (12 y 20 días) del tiempo de conservación del PMPF y dicho crecimiento fue mayor en los cascotes envasados en PEBD (datos no mostrados). Y finalmente en los cascotes provenientes de MP de 5,5 meses de conservación solo se encontraron diferencias en el factor tiempo de conservación del PMPF, observándose mayor crecimiento a los 12 y 20 días de 2,1 y 3,0 log ufc g<sup>-1</sup> respectivamente (datos no mostrados).

Al analizar el comportamiento en cada tipo de envase, tal como se muestra en la Figura 27, los cascós provenientes de MP recién cosechada no tuvieron crecimiento y con respecto al tiempo de conservación del PMPF solo se observó crecimiento a los 12 y 20 días.

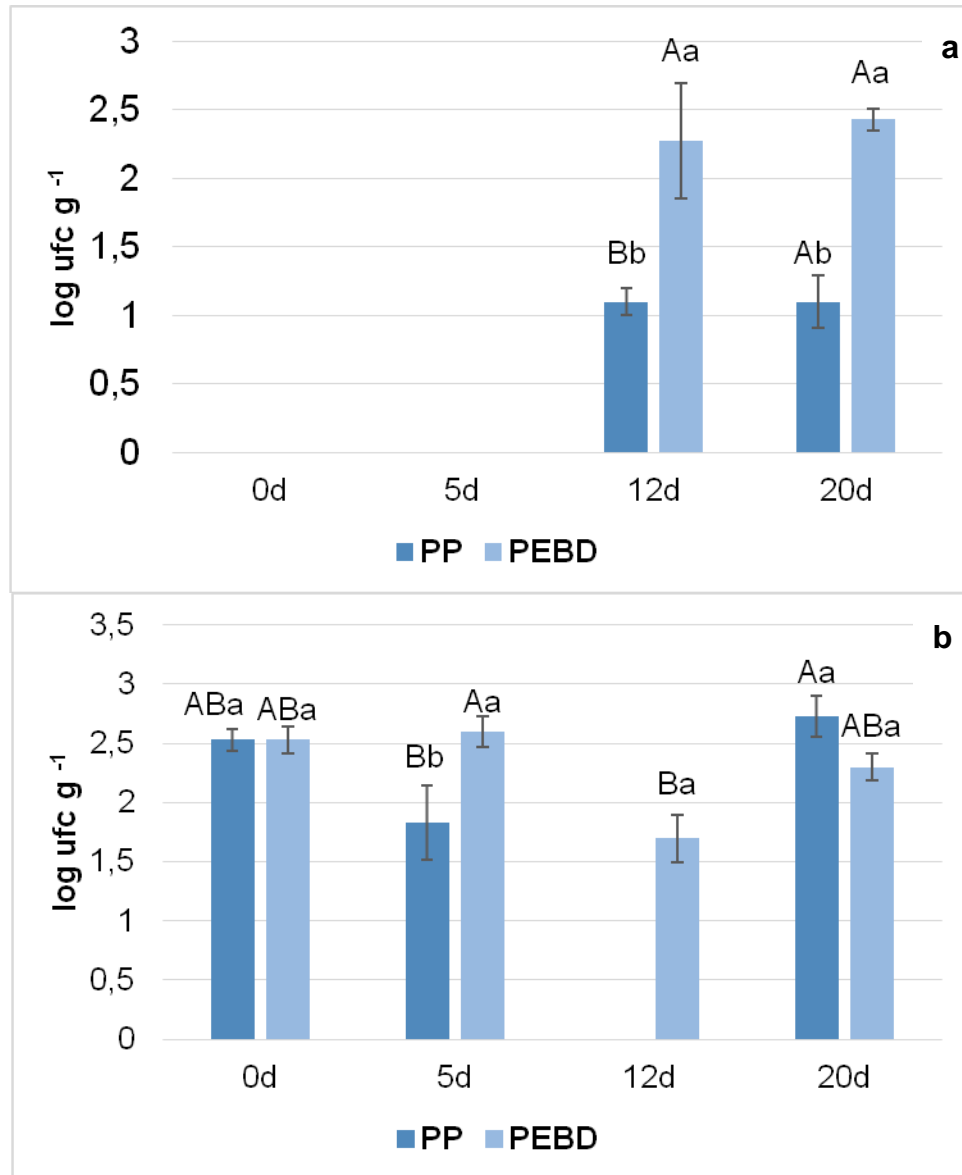


Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p ≤ 0,05).

Figura No. 27. Cantidad de *Enterobacteriaceae* (log ufc g<sup>-1</sup>) durante la conservación de cascós de manzanas Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascós elaborados a partir de MP conservada por diferentes tiempos

#### 4.3.4 Levaduras

En manzana Fuji, para aquellos cascos elaborados a partir de MP de 1,5 meses se observó, un crecimiento mayor a  $1,0 \log \text{ufc g}^{-1}$  a los 12 y 20 días de conservación del PMPF, en ambos tipos de envase, y dicho crecimiento fue mayor en los envasados en PEBD. Para los elaborados a partir de MP de 4,5 meses se observó crecimiento en todos los tiempos de conservación del PMPF, excepto a los 12 días en los envasados en PP. Comparando los dos tipos de envases, se observó que a los 5 y 12 días el crecimiento fue mayor en aquellos cascos envasados en PEBD (Figura 28).



a: 1,5 meses, b: 4,5 meses.

Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tiempo de conservación de la MP, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF, minúsculas para tipo de envase, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 28. Cantidad de levaduras ( $\log \text{ufc g}^{-1}$ ) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji procedentes de MP conservada por diferentes tiempos ilustrando las diferencias entre los tipos de envases

Los cascos provenientes de MP de 1,5 meses presentaron crecimiento al final del periodo (12 y 20 días) en cambio los provenientes de MP de 4,5 meses presentaron crecimiento en todos los tiempos de conservación del PMPF, por lo que a los 0 y 5 días el crecimiento fue mayor en los provenientes de 4,5 meses y a los 12 y 20 días el crecimiento no se diferenció entre los provenientes de MP de 1,5 y 4,5 meses (Cuadro 19).

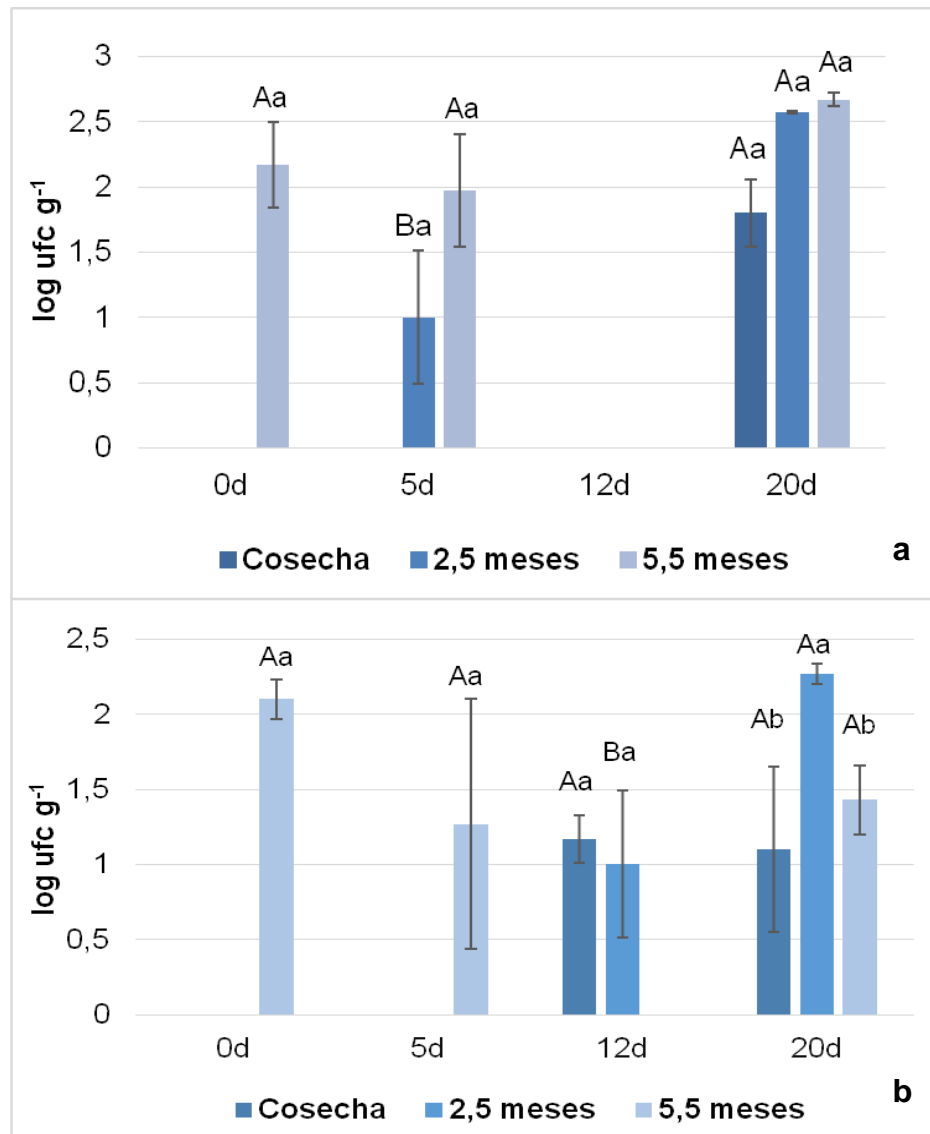
Cuadro No. 19. Cantidad de levaduras ( $\log \text{ufc g}^{-1}$ ) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	PP		PEBD	
	1,5 meses	4,5 meses	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	<1 $\pm$ 0,33 Bb	2,53 $\pm$ 0,09 Aa	<1 $\pm$ 0,00 Bb	2,53 $\pm$ 0,11 Aa
<b>5d</b>	<1 $\pm$ 0,33 Bb	1,83 $\pm$ 0,31 Aa	<1 $\pm$ 0,00 Bb	2,60 $\pm$ 0,13 Aa
<b>12d</b>	1,10 $\pm$ 0,10 ABa	<1 $\pm$ 0,33 Bb	2,27 $\pm$ 0,42 Aa	1,70 $\pm$ 0,20 Bb
<b>20d</b>	2,07 $\pm$ 0,19 Aa	2,73 $\pm$ 0,17 Aa	2,43 $\pm$ 0,08 Aa	2,30 $\pm$ 0,11 ABa

Los valores corresponden a medias ( $n=3$ )  $\pm$  error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para columnas y minúsculas para filas, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Los cascos de manzana Red Delicious provenientes de MP recién cosechada y de 2,5 meses, tuvieron crecimientos mayores a  $1,0 \log \text{ufc g}^{-1}$  recién al final de la conservación del PMPF (20 días) siendo de  $1,5 \log \text{ufc g}^{-1}$  en los provenientes de cosecha y de  $2,3 \log \text{ufc g}^{-1}$  en los provenientes de MP de 2,5 meses. En cambio, en aquellos cascos provenientes de MP de 5,5 meses de conservación se observó crecimiento de  $2,0 \log \text{ufc g}^{-1}$  en todo el periodo de conservación del PMPF (datos no mostrados).

Se observó además que los cascos envasados en PP y PEBD fueron mostraron interacción entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF. Tal como lo demuestra la Figura 29, en los envasados en PP los provenientes de cosecha solo presentaron crecimiento a los 20 días, los proveniente de MP de 2,5 meses presentaron a los 5 y a los 20 días, siendo en este último día el mayor crecimiento, y los provenientes de MP de 5,5 meses tuvieron crecimiento a los 0, 5 y 20 días sin que se encontraran diferencias entre estos momentos. Se puede observar que en el día 5 y en el día 20 los crecimientos correspondientes a los cascos provenientes de MP de diferentes tiempos de conservación no tuvieron diferencias.



a: PP, b: PEBD.

Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=3). Para cada tipo de material, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 29. Cantidad de levaduras ( $\log \text{ufc g}^{-1}$ ) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos



#### 4.3.5 Hongos

La cantidad de hongos contabilizados en cascotes de manzanas Red Delicious y Fuji, en general, fue muy poca, cuando había crecimiento éste no supero las 2,0 log ufc g<sup>-1</sup>.

Los cascotes de manzana Fuji provenientes de MP de 1,5 de conservación, se observó contabilizaron 1,7 log ufc g<sup>-1</sup> a los 20 días, mientras que en los restantes días el crecimiento fue menor a 1,0 log ufc g<sup>-1</sup>. En aquellos que provenían de MP de 4,5 meses de conservación, los recuentos fueron menores a 1,0 log ufc g<sup>-1</sup>, en todos los momentos (datos no mostrados).

En aquellos cascotes provenientes de MP de 1,5 meses no hubo crecimiento a los 0 y 5 días, pero el crecimiento a los 12 y 20 días no supero las 2,0 log ufc g<sup>-1</sup>. En los cascotes elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación no se observó diferencias en el crecimiento de los diferentes tiempos de conservación, siendo el mismo menor a 1,0 log ufc g<sup>-1</sup>. Solo a los 5 días se observó que los provenientes de 4,5 meses tuvieron mayor crecimiento que los provenientes de 1,5 meses, momento en el que no hubo crecimiento (datos no mostrados).

Cuando se analizó el comportamiento de los cascotes de manzana Red Delicious recién cosechada, de 2,5 meses o de 5,5 meses de conservación, solo se encontraron diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF en aquellos cascotes provenientes de MP de 2,5 meses de conservación, donde solo se observó crecimiento a los 20 días, siendo de 1,6 log ufc g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

Los cascotes envasados en PP y PEBD no fueron afectados por el tiempo de conservación del PMPF ni por el tiempo de conservación de la MP, ya que el crecimiento no supero 1,0 log ufc g<sup>-1</sup> (datos no mostrados).

Según los resultados exhibidos para los diferentes grupos microbiológicos determinados en la presente tesis, el mayor crecimiento de psicrófilos fue de 5,8 log ufc g<sup>-1</sup>, en aerobios mesófilos totales entre 4,0 y 5,0 log ufc g<sup>-1</sup>, en *Enterobacteriaceae* de 3,0 log ufc g<sup>-1</sup>, entre 2,5 y 3,0 log ufc g<sup>-1</sup> para levaduras y para hongos tan solo de 1,6 log ufc g<sup>-1</sup>. No existe una norma nacional que defina valores aceptables de microorganismos que sea específica para estos tipos de productos pero la Asociación Alemana de Higiene y Microbiología (DGHM), citada por Rux et al. (2017), definió valores estándar para microorganismos en frutas frescas cortadas y envasadas, 7 log ufc g<sup>-1</sup> para bacterias mesófilas, 5 log ufc g<sup>-1</sup> para levaduras y 3 log ufc g<sup>-1</sup> para hongos, se podría decir que, debido a que los recuentos están dentro de los

límites establecidos por esta norma, la sanidad de las manzanas procesadas es aceptada y se pueden consumir sin riesgo para la salud.

En un estudio realizado en PMPF de manzana Granny Smith, los recuentos microbiológicos obtenidos no superaron los 2 órdenes logarítmicos, estos fueron de hongos, levaduras y aerobios mesófilos totales (Rodríguez et al., 2016). Sin embargo, Graça et al. (2015) contabilizaron mayor cantidad de microorganismos en manzana mínimamente procesadas, de 3,3 a 8,9 log ufc g<sup>-1</sup> de mesófilos y de hongos (levaduras y hongos) 3,6 a 7,1 log ufc g<sup>-1</sup>. La cantidad de microorganismos detectados en las manzanas procesadas en la presente tesis se encuentra entre las cantidades de los estudios anteriormente nombrados.

En todos los grupos y en ambas variedades se observó crecimiento al final del periodo de conservación del PMPF (12 y 20 días), siendo indiferente para los dos tipos de envases empleados. Los cascotes provenientes de MP con mayor tiempo de conservación presentaron mayor cantidad de microorganismos. Como todo estudio, existieron excepciones ya que las diferentes evaluaciones realizadas no fueron en los mismos cascotes de manzana y la naturaleza de la fruta juega un rol muy importante. Todo esto estaría explicado porque, la maduración de un fruto está acompañada con el aumento de la respiración, la reducción de la firmeza y el debilitamiento de la pared celular, favoreciendo a que el fruto se encuentre menos resistente a la colonización microbiana comparando con los primeros días de vida del PMPF y con MP con menor tiempo de conservación.

La presencia de mayor cantidad de microorganismo al final del periodo de evaluación del PMPF concuerda con lo reportado por Pérez et al. (2016) ya que observaron en mango mínimamente procesado conservado a 4°C por 12 días un crecimiento significativo al final del periodo de mesófilos aerobios y de hongos y levaduras, observando entre 1,2 y 1,6 log ufc g<sup>-1</sup> al inicio de la evaluación y contabilizando entre 3-4 log ufc g<sup>-1</sup> al final, explicando dicho suceso porque aumenta la disponibilidad de agua superficial en el transcurso de la maduración del fruto. También, Rojas-Graü et al. (2007) estudiaron el comportamiento de manzana Fuji mínimamente procesada conservada a 4°C durante 21 días, y observaron que tanto para psicrófilos como para levaduras y hongos el crecimiento fue constante hasta el día 10, de 3-4 log ufc g<sup>-1</sup>. A partir de allí empezaron a crecer más cantidad hasta finalizar el periodo de evaluación, llegando a 8,0 log ufc g<sup>-1</sup> de psicrófilos y 6,0 log ufc g<sup>-1</sup> de levaduras y hongos. Paredes (2010) también reportó un resultado similar a lo ocurrido en la presente tesis ya que en manzana Fuji comparó la cantidad de microorganismos al día 1 de evaluación y al día 9, de lo cual observó que en mesófilos, psicrófilos, enterobacterias y levaduras el recuento

aumentó en casi 3 unidades de logaritmo en cada grupo, en cambio el recuento de hongos fue el mismo no superando  $1,0 \log \text{ufc g}^{-1}$ .

La presencia de mayor cantidad de microorganismos en cascos elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación también fue observada por Koyuncu et al. (2010) quienes reportaron mayor cantidad de hongos y levaduras en aquellos cascos de manzana Granny Smith elaborados después de 6 meses de conservación a  $0^{\circ}\text{C}$ , comparada con los elaborados inmediato a la cosecha presentado al día 0 estos últimos  $1,8 \log \text{ufc g}^{-1}$  y a los 6 meses  $4,9 \log \text{ufc g}^{-1}$ .

#### 4.4 PARÁMETROS QUÍMICOS

##### 4.4.1 Sólidos solubles totales

La cantidad de SST en los cascos de manzana Fuji elaborados tanto a partir de MP de 1,5 meses, como de MP de 4,5 meses de conservación, no mostraron interacción entre el tiempo de conservación del PMPF y el tipo de envase. En el caso de la MP de 1,5 meses, el valor se mantuvo en  $13,0^{\circ}\text{Brix}$  (datos no mostrados). Para los cascos de MP de 4,5 meses, al inicio y a los 5 días presentaron  $13,8^{\circ}\text{Brix}$ , lo cual fue mayor que a los 12 y 20 días ( $12,7^{\circ}\text{Brix}$ ). Los cascos envasados en PEBD presentaron  $13,4^{\circ}\text{Brix}$  y los envasados en PP presentaron menor cantidad,  $13,1^{\circ}\text{Brix}$  (datos no mostrados).

No hubo interacción entre el tiempo de conservación del PMPF y el tiempo de conservación de la MP en los cascos envasados en PP. El tiempo de conservación del PMPF sí presentó diferencias donde se observó que la cantidad de SST fue disminuyendo a medida que transcurrían los días, tal es así que al día 0 presentaron  $13,4^{\circ}\text{Brix}$  y a los 20 días,  $12,7^{\circ}\text{Brix}$ .

De igual forma, en los cascos envasados en PEBD tampoco se encontró interacción entre el tiempo de conservación del PMPF y el tiempo de conservación de la MP. Los factores individuales no presentaron efecto, por lo tanto, la cantidad presente en los cascos elaborados a partir de MP de diferente tiempo de conservación fue la misma y la cantidad durante el periodo de conservación del PMPF también fue la misma. El valor promedio de SST fue de  $13,3^{\circ}\text{Brix}$  (datos no mostrados).

La cantidad de SST medidos en los cascos de manzana Red Delicious, elaborados a partir de los tres tiempos de conservación de la MP no mostró interacción entre el tiempo de conservación del PMPF y el tipo de envase. En los cascos elaborados a partir de MP recién cosechada el promedio fue de  $11,0^{\circ}\text{Brix}$ , en los elaborados a partir de MP de 2,5 meses de

conservación el promedio fue de 12,0 °Brix y en los elaborados a partir de MP de 5,5 meses de conservación el promedio fue de 12,5 °Brix (datos no mostrados).

Al analizar el comportamiento de los cascós en cada tipo de envase, se encontró que, tanto en PP como en PEBD, los provenientes de MP con mayor tiempo de conservación presentaron mayor cantidad de SST. En los cascós envasados en PP, al momento de cosecha presentaron 10,8 °Brix; a los 2,5 meses de conservación presentaron 12,0 °Brix y 5,5 meses 12,6 °Brix. En los cascós envasados en PEBD, al momento de cosecha presentaron 11,0 °Brix y 2,5 y 5,5 meses presentaron 12,5 °Brix.

Según los resultados, el valor de SST hallado en la variedad Fuji varió entre 12,7 y 13,8 °Brix y en la variedad Red Delicious entre 11,0 y 12,5 °Brix. Dichos valores son semejantes a los reportado para distintas variedades de manzanas, tales como Golden Delicious con un valor promedio de 12,0 °Brix (Soliva-Fortuny et al., 2004); Gala con un valor de 13,0 °Brix (Olivas et al., 2007); Granny Smith con 12,0 °Brix y Red Delicious con 16,0 °Brix (Piagentini y Pirovani, 2017); Fuji con valores entre 11-12,6°Brix (Pereyra, 2011) y Fuji con valores entre 13,0-16,0 °Brix (Paredes, 2010). Además, en todos los casos, ambas variedades superan el mínimo permitido para manzana según el CODEX (2010) ya que manzanas con valor igual o superior a 10,5 °Brix son aceptadas para consumir.

De todos los resultados obtenidos en la presente tesis para ambas variedades se concluye que en general no se obtuvieron diferencias en la cantidad de SST. Los tipos de envases no repercutieron en el valor de dicho parámetro. Solo se encontraron algunas diferencias en cuanto a los valores medidos en algunos días del periodo de evaluación del PMPF donde al inicio se observó mayor cantidad que al final. Y comparando los diferentes tiempos de conservación de la MP, se observaron algunas diferencias donde la MP con más tiempo de conservación presentó mayor cantidad de SST.

Lo anteriormente nombrado concuerda con lo reportado por diversos autores como Pereyra (2011), quien menciona que en manzana Fuji y Granny Smith mínimamente procesada observó que no presentaron diferencias en la cantidad de SST durante 14 días de evaluación del PMPF, fluctuando los valores entre 9,8 y 11,0 °Brix para la variedad Granny Smith y entre 11,0 y 12,6 °Brix para la variedad Fuji. Por su parte, Rocculi et al. (2004) también observaron la misma cantidad de SST en todo el periodo de evaluación de manzana Golden Delicious mínimamente procesada, procedente de MP conservada por dos meses a 2°C. El valor de SST fluctuó entre 10,0-10,4 °Brix desde el día 0 hasta el día 12. También Paredes (2010) observó el mismo comportamiento en manzana Fuji mínimamente procesada conservada a 5 °C

y sumergida en cisteína (0,1 %) más ácido ascórbico (0,5 %) ya que al segundo día de evaluación la cantidad de SST fue de 14,9 °Brix y al noveno día fue de 14,8 °Brix.

Lo que podría estar explicando la disminución en la cantidad de SST al final del periodo de evaluación, es el consumo de los azúcares que se utilizan como sustrato en procesos metabólicos, específicamente en la respiración. Los SST mayoritariamente son azúcares, pero también los ácidos orgánicos se encuentran dentro de este grupo, por lo tanto, la disminución que ocurre al final del periodo también puede estar provocada por una disminución de la acidez debido a que los ácidos orgánicos también son sustratos respiratorios por lo que son degradados o convertidos en azúcares. Dicho resultado no se observó en todos los casos analizados en este trabajo, lo que puede deberse a que los SST están compuestos además por otros azúcares, por sustancias pépticas y minerales (Rocha y Morais, 2003). Estos mismos investigadores, reportan que la cantidad de fructosa en manzana cv. Jonagored mínimamente procesada, disminuye al final del periodo de evaluación, pero no repercute en la cantidad de SST ya que éstos permanecen con la misma cantidad en el correr del periodo.

El aumento de SST en cascos elaborados a partir de MP con mayor tiempo de conservación puede estar explicado porque durante el proceso de maduración ocurre la hidrólisis del almidón propio de los frutos climatéricos, el cual se desdobra a sustancias de bajo peso molecular como son los azúcares, provocando un aumento en dicha variable. En un estudio realizado por Robledo (2007) se pudo observar cómo la maduración afectaba la cantidad de SST ya que en chirimoya mínimamente procesada obtuvo que los frutos procesados enseguida de cosecha, presentaron menor cantidad de SST que aquellos procesados luego de 6 días a 20°C, los cuales ya presentaban un avance importante en la maduración. Los valores en cascos conservados a 2 °C y evaluados a los 6 días fueron de 6,6 °Brix en los elaborados enseguida a la cosecha y de 13,3 °Brix en los elaborados luego de 6 días a 20 °C.

#### 4.4.2 Polifenoles totales

La cantidad de PT en cascos de manzana Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 y de 4,5 meses de conservación no fue mostró interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. Dichos factores analizados individualmente tampoco determinaron diferencias. El valor promedio fue de 30,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF para los cascos provenientes de MP de 1,5 meses, mientras que para los provenientes de 4,5 meses el valor promedio fue de 65,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados).

Continuando con la misma variedad, pero analizando los factores en cada tipo de envase, se observó que, tal como se detalla en el Cuadro 20, en los cascos envasados en PP la cantidad de PT fue mayor en aquellos provenientes de MP de 4,5 meses en todos los tiempos de conservación del PMPF, mientras que la cantidad fue la misma desde el día 0 al día 20 en los elaborados a partir de MP de 1,5 meses y en los provenientes de MP de 4,5 meses la cantidad fue la misma hasta el día 12, porque en el día 20 se observó un. En los cascos envasados en PEBD la cantidad de PT también fue mayor en aquellos provenientes de MP de 4,5 meses en todos los tiempos de conservación del PMPF. En los elaborados a partir de MP de 4,5 meses, la cantidad fue la misma desde el día 0 al día 20 y en los provenientes de MP de 1,5 meses la cantidad fue mayor a los 12 días siguiéndole la cantidad de los 0 y 20 días y por último la de los 5 días.

Cuadro No. 20. Evolución de PT (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

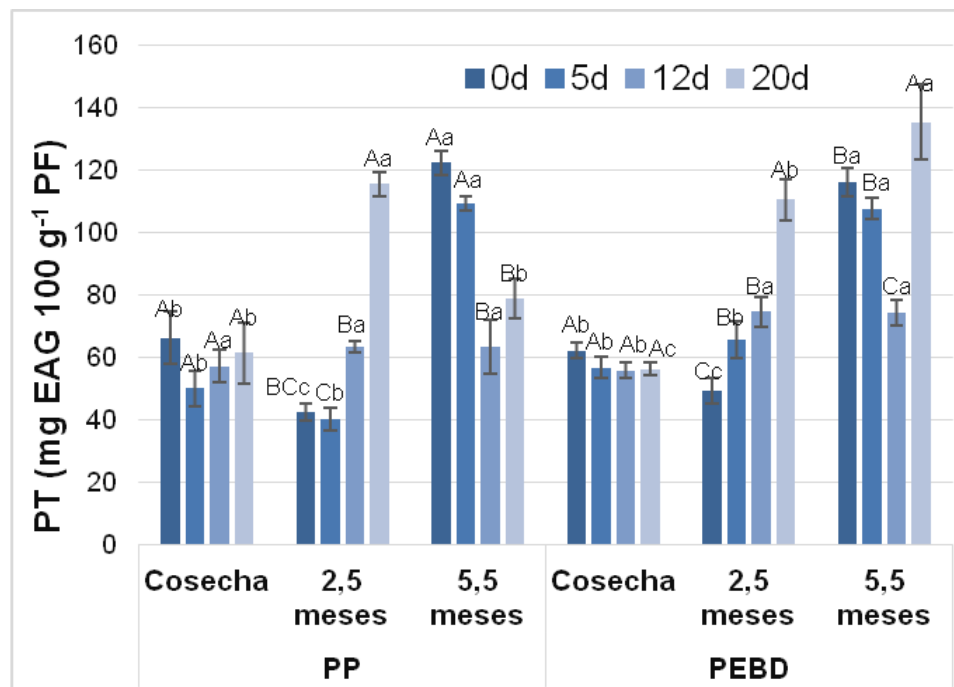
Tiempo de conservación del PMPF (días)	PP		PEBD	
	1,5 meses	4,5 meses	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	31,01 ± 3,55 Ab	74,68 ± 2,24 Aa	30,92 ± 4,30 Bb	62,09 ± 2,00 Aa
<b>5d</b>	34,68 ± 1,34 Ab	60,78 ± 3,62 Ba	18,68 ± 0,91 Cb	67,31 ± 1,40 Aa
<b>12d</b>	29,05 ± 1,60 Ab	62,43 ± 1,90 Ba	42,34 ± 2,26 Ab	62,21 ± 3,26 Aa
<b>20d</b>	28,16 ± 1,20 Ab	65,62 ± 2,50 Ba	31,22 ± 0,99 Bb	60,01 ± 4,05 Aa

Los valores corresponden a medias (n=8) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

La cantidad de PT en los cascos de manzana Red Delicious y proveniente de MP de cosecha y de 2,5 meses de conservación no fue afectada por la interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. En el caso de MP de cosecha. Los factores analizados individualmente tampoco presentaron efecto, siendo el valor promedio medido de 58,0 mg EAG 100g<sup>-1</sup> PF. En cascos de MP de 2,5 meses, los envasados en PP presentaron 65,5mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF, 13 % menos que los envasados en PEBD. La cantidad fue disminuyendo con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF siendo que al día 0 presentó 46,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF y al día 20 113,1 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF. En los cascos provenientes de MP de

5,5 meses la cantidad no fue afectada por la interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. El factor tiempo de conservación del PMPF tampoco tuvo efecto. Sin embargo, el factor tipo de envase sí determinó diferencias, presentando los envasados en PP 93,65 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF y los envasados en PEBD 108,5 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF.

Tanto en los cascotes envasados en PP como en los envasados en PEBD, la cantidad de PT fue afectada por la interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tiempo de conservación de la MP. Se observó que los cascotes provenientes de MP recién cosechada, presentaron menor cantidad que los provenientes de MP con meses de conservación. Con respecto a las diferencias determinadas por los diferentes tiempos de conservación del PMPF, se pudo observar que en los cascotes provenientes de MP recién cosechada, la cantidad se mantuvo en todo el tiempo, pero en los cascotes provenientes de MP de 2,5 y 5,5 meses de conservación, la cantidad disminuyó con el tiempo de conservación del PMPF, tal como lo detalla la Figura 30.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=8). Para cada tipo de material, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 30. Evolución de PT (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascotes de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e

ilustrando las diferencias entre cascotes elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

De los resultados obtenidos se puede deducir que los PT no presentaron mucha variación dentro de los diferentes factores estudiados para ambas variedades. El factor tiempo de conservación del PMPF solo tuvo efecto en cascotes de manzana Fuji envasados en PP y provenientes de MP de 4,5 meses, observándose mayor cantidad de los mismos al día 0 de evaluación. El factor tipo de envase solo tuvo efecto en cascotes de manzana Red Delicious provenientes de MP de 2,5 y 5,5 meses, donde PP presentó más cantidad de PT que PEBD, y el factor tiempo de conservación de la MP, fue el que más diferencias presentó, ya que aquellos cascotes provenientes de MP con más tiempo de conservación presentaron mayor cantidad de PT.

En cuanto al valor, Fuji presentó una cantidad de PT, entre 30,0 y 70,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF y Red Delicious presentó entre 60,0 y 100,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF. Dichos valores se pueden comparar con los encontrados por otros autores como Rodríguez et al. (2016) quienes reportaron para manzana Granny Smith mínimamente procesada y sin aplicación de antipardeante, un contenido promedio de PT de 60,0mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PF, Piagentini y Pirovani (2017) compararon el contenido total de PT de una mezcla de cáscara y pulpa de diferentes variedades de manzana mínimamente procesadas, en el caso de la variedad Red Delicious, el valor promedio fue de 130mg EAG 100 g<sup>-1</sup>; para la variedad Caricia de 90,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>; para Eva de 80,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>; en Princesa de 70,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> y en Granny Smith de 50,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>. Rodríguez et al. (2013) obtuvieron para manzana Granny Smith mínimamente procesada un valor de PT que varió entre 50,0 y 80,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> dependiendo del tratamiento, ya que las manzanas fueron divididas en 3 lotes, algunas solo sumergidas en agua, y las otras en concentraciones distintas de una combinación de ácido cítrico, ácido ascórbico y cloruro de calcio.

De todos los resultados expuestos anteriormente, se puede concluir que la cantidad de PT depende de la variedad, pero la correspondiente a las variedades de la presente tesis son semejantes a las reportadas por otros autores.

Con respecto al comportamiento de PT en el tiempo de conservación del PMPF, la disminución en la cantidad observada con el transcurso de los días, también fue reportada por otros autores. En este sentido, Cocci et al. (2006) citan que los cascotes de manzana Golden Delicious, tratados con una solución acuosa de ácido ascórbico al 1% y 1% de ácido cítrico, presentaron al día 0 una concentración de 8,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> la cual disminuyó al siguiente



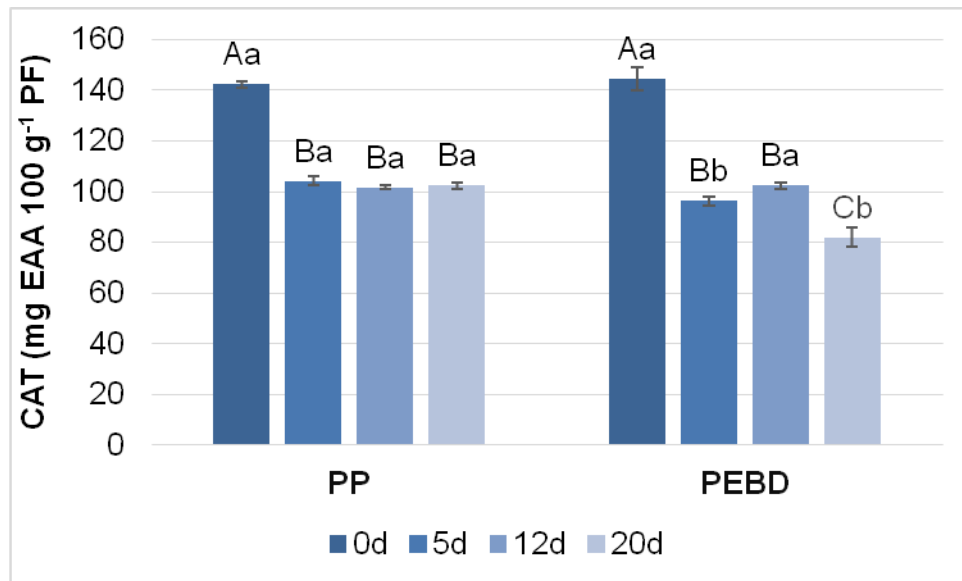
día y luego se mantuvo entre 3,0-4,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> hasta el octavo día de conservación. También Chordi (2013) observó, en frutillas mínimamente procesadas, una ligera disminución de los valores de PT con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF, presentando 170,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> al día 0 y 120,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> al final de la conservación que correspondió al día 14. Albanese et al. (2007) demostraron que la cantidad de PT de manzana Annurca mínimamente procesada disminuyó luego del inicio de la conservación (285,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) manteniéndose constante desde el segundo día hasta el final del periodo, día 8 donde presentó un valor de 200,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>. Otro de los trabajos que encontró el mismo resultado fue el de Rodríguez et al. (2013) en manzana Granny Smith mínimamente procesada y sumergida en una solución acuosa de 0,5% ácido cítrico más 0,5% ácido ascórbico más 0,25% cloruro de calcio, donde la cantidad de PT al día 0 fue de 80,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>, mayor que la correspondiente al día 7 que fue de 70,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.4.3 Capacidad antioxidante total

##### 4.4.3.1 Determinación por DPPH

En los cascos de manzana de variedad Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación la interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase no fue significativa. La capacidad antioxidante fue afectada por el tiempo de conservación del PMPF, observándose que la cantidad al día 0 y día 5 fue de 120,0 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, siendo mayor que la de los 12 y 20 días con valores de 79,2 y 99,6 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, respectivamente (datos no mostrados).

En los cascos de manzana de variedad Fuji elaborados a partir de MP de 4,5 meses, fue afectada tanto por el tiempo de conservación del PMPF como por el tipo de envase utilizado. Como lo detalla la Figura 31, a los 5 y a los 20 días, la cantidad medida en los cascos envasados en PP fue mayor que la medida en los envasados en PEBD. En ambos tipos de envases la cantidad fue disminuyendo con el transcurso de la conservación del PMPF. En los envasados en PP, la disminución se observó a los 5 días para luego mantenerse hasta el final y en los envasados en PEBD se observó que disminuye a los 5 días, se estabiliza y vuelve a disminuir a los 20 días.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=8). Medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 31. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascotes de manzanas Fuji elaborados a partir de MP conservada 4,5 meses ilustrando la interacción entre tipos de envases

En el Cuadro 21, se muestran los resultados del análisis de la CAT en cada tipo de envase. Se observa que al día 0 y al día 12 la cantidad medida en los cascotes provenientes de MP de 1,5 meses fue menor que la medida en los provenientes de MP de 4,5 meses, en cambio a los 5 días el comportamiento fue al revés. La CAT fue disminuyendo con el transcurso del tiempo de conservación del PMPF en los cascotes envasados en ambos tipos de envases y provenientes de MP de ambos tiempos de conservación.

Cuadro No. 21. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascos de manzanas Fuji envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	PP		PEBD	
	1,5 meses	4,5 meses	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	120,49 ± 4,20 Ab	142,34 ± 1,38 Aa	124,74 ± 1,33 Ab	144,38 ± 4,60 Aa
<b>5d</b>	114,16 ± 2,46 ABa	104,24 ± 1,80 Bb	115,93 ± 2,26 Aa	96,35 ± 1,86 Bb
<b>12d</b>	87,41 ± 6,70 Cb	101,54 ± 0,75 Ba	70,94 ± 6,50 Cb	102,44 ± 1,26 Ba
<b>20d</b>	104,20 ± 1,35 Ba	102,38 ± 1,12 Ba	95,04 ± 2,31 Ba	81,91 ± 3,77 Cb

Los valores corresponden a medias (n=8) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

En los cascos de manzana Red Delicious provenientes de MP recién cosechada, de 2,5 y de 5,5 meses no se observó interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. Solo se observó un efecto del tiempo de conservación del PMPF como se observa en el Cuadro 22. La CAT en aquellos cascos provenientes de MP recién cosechada disminuye al día 5 y vuelve a disminuir al día 20., En los provenientes de los restantes tiempos de conservación de la MP se observó que la cantidad fue la misma hasta el día 12 mientras que al día 20 fue mayor.

Cuadro No. 22. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascotes de manzanas Red Delicious elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	Cosecha	2,5 meses	5,5 meses
0d	199 ± 16,80 A	208,54 ± 13,00 A	198,40 ± 5,39 A
5d	134,29 ± 4,23 B	192,91 ± 8,89 A	187,01 ± 4,29 A
12d	150,09 ± 27,00 B	208,33 ± 6,65 A	184,28 ± 5,17 A
20d	62,36 ± 4,14 C	129,14 ± 6,39 B	144,87 ± 6,85 B

Los valores corresponden a medias (n=16) ± error estándar de la media. Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

La CAT de los cascotes envasados en PP y PEBD presentó diferencias entre tiempo de conservación de la MP y tiempo de conservación del PMPF. Se observó que a los 5, 12 y 20 días la CAT fue menor en los cascotes provenientes de MP recién cosechada (135, 62 y 65 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, respectivamente), con relación a aquellos provenientes de MP de 2,5 y 5,5 meses de conservación observándose una diferencia de 22 % a los 5 días, 69 % a los 12 y 52 % a los 20 días. En cuanto a las diferencias entre los distintos tiempos de conservación del PMPF, en aquellos provenientes de MP recién cosechada la cantidad disminuyó 68 % desde el día 0, arrancando con 199,0 mg EAA 100g<sup>-1</sup> PF, hasta el día 20. En los provenientes de MP conservada 2,5 meses la cantidad disminuyó 37 %, observando al inicio 194,0 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF y en los provenientes de MP conservada 5,5 meses, la cantidad disminuyó 31 %, siendo 205,0 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF lo observado al día 0 (datos no mostrados).

#### 4.4.3.2 Determinación por FRAP

La CAT medida por la metodología de FRAP en los cascotes de manzana de variedad Fuji elaborados a partir de MP de 1,5 meses de conservación fue afectada por el tiempo de conservación del PMPF, encontrándose que la cantidad al día 0, 5 y 12 en promedio fue de 416 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, siendo mayor que la de los 20 días, con un valor de 330 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF (datos no mostrados).

En los cascos de manzana elaborados a partir de MP de 4,5 meses de conservación a los 5 y a los 20 días, la cantidad de los cascos envasados en PP fue menor (25 y 35 % respectivamente) que la medida en los envasados en PEBD (465 y 440 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF, respectivamente) y la cantidad a los 0 y 12 días de los envasados en PEBD fue menor (24 y 8 % respectivamente) que la medida en los envasados en PP (373 y 401 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF). La cantidad durante el tiempo de conservación del PMPF en ambos tipos de envases no tuvo un comportamiento específico ya que en los envasados en PP la cantidad del día 0 (373 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) fue igual que la del día 5 (352 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) y la del día 12 (401 mg EAA 100g<sup>-1</sup> PF), pero la cantidad del día 5 fue menor que la del día 12, la cantidad del día 20 (289 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) fue menor que la de los demás días. En los cascos envasados en PEBD, la cantidad al día 0 (286 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) fue igual que la del día 12 (369 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) pero menores que la de los demás días, mientras que la cantidad del día 5 (465 mg EAA 100 g<sup>-1</sup>) fue la mayor por lo que la cantidad del día 20 (440 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) fue menor que la del día 5 pero mayor que la de los demás días (datos no mostrados).

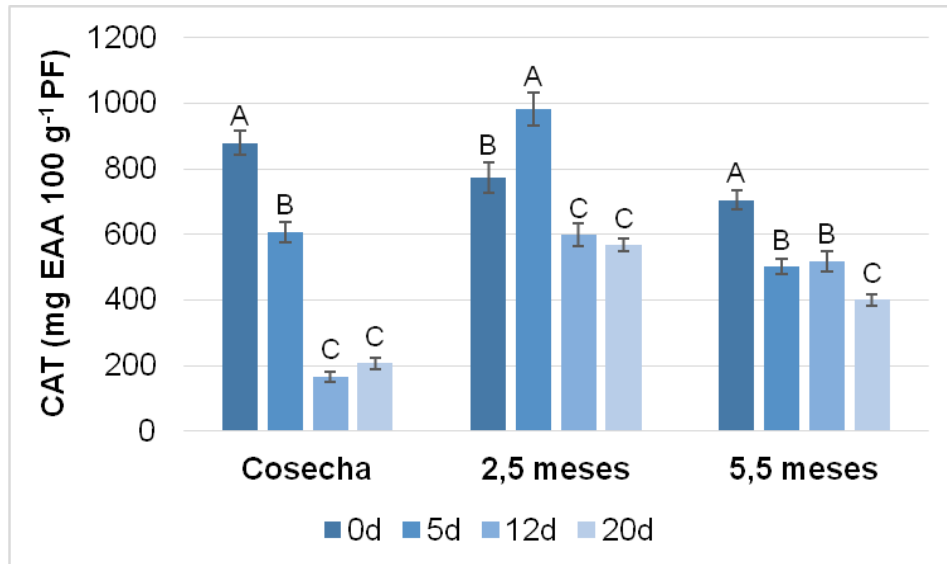
En los cascos envasados en PP y PEBD se observó interacción significativa entre tiempo de conservación del PMPF y tiempo de conservación de la MP. Como lo detalla el Cuadro 23, los valores de CAT medido en los días 0, 5 y 20 fue mayor en aquellos cascos provenientes de MP de 4,5 meses de conservación. Con respecto a las diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF se observó que en los cascos provenientes de MP de 1,5 meses de conservación la CAT fue disminuyendo a medida que transcurría la conservación del PMPF, pero en los cascos provenientes de MP de 4,5 meses de conservación se observó que la misma aumentó al día 12 pero volvió a disminuir en el día 20. La interacción en los cascos envasados en PEBD se dio de otra manera ya que a los días 0, 5 y 20 la CAT fue mayor en los cascos provenientes de MP de 1,5 meses y no existieron diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF en los dos tiempos de conservación de la MP.

Cuadro No. 23. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascotes de manzanas Red Delicious envasados en distintos tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascotes elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

Tiempo de conservación del PMPF (días)	PP		PEBD	
	1,5 meses	4,5 meses	1,5 meses	4,5 meses
<b>0d</b>	539,60 ± 31,06 Ab	573,93 ± 12,45 Ba	344,51 ± 27,00 Ab	451,17 ± 41,10 Aa
<b>5d</b>	480,10 ± 31,23 Ba	352,05 ± 24,00 Cb	396,07 ± 14,40 Ab	465,16 ± 34,70 Aa
<b>12d</b>	303,81 ± 27,00 Cb	401,02 ± 48,00 Aa	443,72 ± 28,80 Aa	369 ± 47,06 Ab
<b>20d</b>	315,26 ± 15,00 Da	289,87 ± 11,70 Db	349,81 ± 13,10 Ab	440,69 ± 32,47 Aa

Los valores corresponden a medias (n=8) ± error estándar de la media. Para cada tipo de envase, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey (p≤0,05).

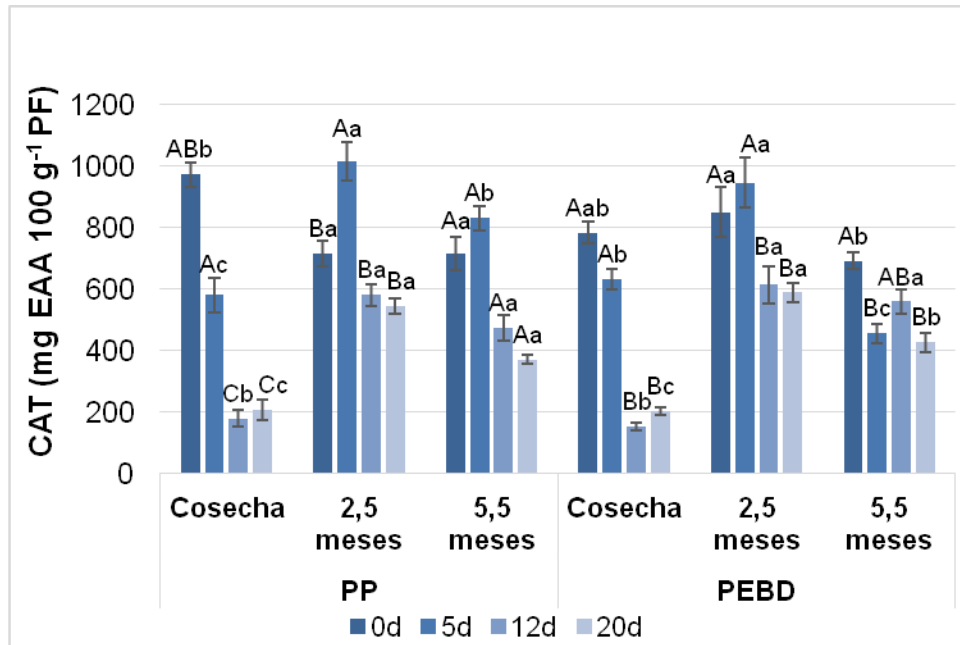
En los cascotes de manzana de Red Delicious provenientes de MP de los tres tiempos de conservación no se observó interacción entre tiempo de conservación del PMPF y tipo de envase. La CAT solo fue afectada por el tiempo de conservación del PMPF tal como se muestra en la Figura 32. En los tres casos se observa como disminuye la CAT con el transcurso de la conservación del PMPF.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=16). Para cada tiempo de conservación del PMPF, medias con letras distintas son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Figura No. 32. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious provenientes de MP conservada por diferentes tiempos

Los cascos envasados en PP y PEBD fueron afectados tanto por el tiempo de conservación del PMPF como por el tiempo de conservación de la MP. Dichos resultados se ilustran en la Figura 33, donde se observa que, en aquellos cascos envasados en PP, la mayor CAT se observó en los provenientes de MP de 2,5 meses de conservación a lo que le sigue los provenientes de 5,5 meses de conservación. En los cascos provenientes de MP recién cosechada se observó menor CAT. En cuanto a las diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF en los cascos procedentes de MP recién cosechada y de 2,5 meses la CAT disminuyó con el transcurso de la conservación, pero en los procedentes de MP de 5,5 meses de conservación la cantidad aumentó a los 5 días para disminuir a los 12 y volver a aumentar en los 20 días.



Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=8). Para cada tipo de material, medias con letras distintas, mayúsculas para tiempo de conservación del PMPF y minúsculas para tiempo de conservación de la MP, son estadísticamente diferentes según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Figura No. 33. Evolución de la CAT (mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF) durante la conservación de cascos de manzanas Red Delicious envasados en diferentes tipos de envases e ilustrando las diferencias entre cascos elaborados a partir MP conservada por diferentes tiempos

En los cascos envasados en PEBD la mayor CAT también se observó en los provenientes de MP de 2,5 meses de conservación, seguidos por los provenientes de 5,5 meses de conservación, y finalmente por los provenientes de MP recién cosechada. En cuanto a las diferencias entre los tiempos de conservación del PMPF en los cascos procedentes de MP de los tres tiempos de conservación, se puede considerar que disminuyó con el transcurso del tiempo, aunque en aquellos procedentes de 5,5 meses la cantidad disminuyó, pero volvió a subir a los 12 días para después, a los 20 días volver a disminuir (Figura 32).

De los resultados obtenidos se puede decir que independientemente del método utilizado para determinar la CAT en los cascos de manzana, se observó que tanto el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF tuvieron efecto sobre este parámetro. Hubo momentos donde se mantuvo constante la misma cantidad a lo largo del



periodo de conservación del PMPF y otros donde ocurrió una disminución a medida que transcurrían los días.

Con respecto a las diferencias entre cascos provenientes de diferente tiempo de conservación de la MP, aquellos provenientes de manzana conservada por mayor tiempo presentaron, al igual que PT mayor CAT.

El valor de CAT medido a través del método de DPPH para la variedad Fuji varió entre 80-140 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF y para la variedad Red Delicious entre 70-200 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF. El valor medido a través del método de FRAP para la variedad Fuji fue de 300-500 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF y para la variedad Red Delicious fue de 200-900 mg EAA 100 g<sup>-1</sup> PF. Dichos valores se pueden comparar con Piagentini y Pirovani (2017) quienes reportaron valores de CAT para varias variedades de manzana mínimamente procesas por el método de DPPH y obtuvieron valores cercanos a 70 mg EAA/100g para las variedades Caricia, Eva, Granny Smith y Princesa, para Red Delicious obtuvieron 120 mg EAA/100g.

Refiriéndonos al efecto del tipo de película plástica del envase, si bien mayoritariamente no se observaron diferencias, no se puede decir que no hubo efecto del tipo de envase porque en algunos casos si hubo cambios los cuales no siguieron el mismo patrón, ya que en algunos casos la cantidad de CAT fue mayor en PP y en otro fue mayor en PEBD.

En la revisión bibliográfica se nombró que diferentes autores habían reportado que los PT son parte de una fracción importante de la CAT de las manzanas, dichos resultados se pueden visualizar en la presente tesis ya que los valores de PT para ambas variedades resultaron representar una gran parte del total de CAT medida por el método de DPPH.

## 5. CONCLUSIONES

- Para ambas variedades, la tasa de respiración de los cascos fue menor cuando se utilizó MP de mayor tiempo de conservación.
- La tasa respiratoria fue mayor a medida que transcurrió la conservación del PMPF.
- Para manzana Fuji y Red Delicious el envase de PP logró una combinación de gases más favorable para conservar la calidad del PMPF.
- Las condiciones de conservación (0°C y 95% HR) y la permeabilidad al vapor de agua de los envases utilizados fueron adecuadas para evitar deshidratación del PMPF elaborado a partir de ambas variedades de manzana.
- La firmeza del PMPF fue disminuyendo progresivamente con el tiempo de conservación de la MP y el tiempo de conservación del PMPF en ambas variedades.
- A pesar de la disminución de la firmeza, luego de 20 días de conservación, los cascos presentaban textura aceptable para el consumo.
- El envasado en AM y el agente antipardeante utilizado fueron efectivos en controlar el pardeamiento enzimático en los cascos de manzana de las dos variedades estudiadas.
- El sanitizante utilizado y las condiciones de procesamiento y conservación del PMPF fueron adecuadas para evitar el crecimiento de microorganismos, ya que se mantuvieron en niveles aceptables para el consumo en ambas variedades de manzana.
- La calidad del PMPF de ambas variedades, medida a través de SST, PT y CAT no fue mayormente afectada ya que los primeros dos parámetros medidos mayoritariamente mantuvieron su valor durante el tiempo de conservación del PMPF y de la MP.

- A pesar de que el tiempo de conservación de la MP afectó la calidad del PMPF, el producto obtenido en todos los casos se mantuvo igualmente aceptable para el consumo en ambas variedades.
- A pesar de la disminución durante la conservación del PMPF de los parámetros medidos, los cascos de manzana de ambas variedades se mantuvieron aceptables para el consumo durante los 20 días de conservación 0°C.
- La calidad del PMPF obtenida en envases de PP fue mejor en general que en PEBD.

## 6. RESUMEN

Los productos mínimamente procesados en fresco (PMPF) se obtienen luego de realizar operaciones unitarias como: lavado, pelado, trozado, secado, envasado etc., que aumentan su tasa metabólica reduciendo su vida útil (7-14 días). Por lo tanto, necesitan ser conservados a temperaturas lo más próximas a 0°C y en condiciones de atmósfera modificada. En este trabajo, se determinó el efecto del tiempo de conservación de la materia prima (cosecha; 2,5 y 5,5 meses para Red Delicious y 1,5 y 4,5 meses para Fuji), sobre algunos atributos de calidad organoléptica del PMPF envasado en polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (PEBD) y conservado durante 0, 5, 12 y 20 días a 0°C. Los parámetros evaluados fueron: respiración; composición de la atmósfera; firmeza de la pulpa; pérdida de peso; color (luminosidad, tono y croma); crecimiento de *Enterobacteriaceae*, mesófilos, psicrófilos, levaduras y hongos; sólidos solubles totales; capacidad antioxidante total (CAT) por dos métodos y polifenoles totales (PT). Los menores valores de respiración se observaron en los cascos elaborados con MP de mayor tiempo de conservación para ambas variedades, siendo 47% menor en los cascos de materia prima de 4,5 meses ( $4,0 \text{ mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de Fuji y 57% menor en los provenientes de 5,5 meses ( $3,9 \text{ mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) en Red Delicious. Los cascos de Fuji provenientes de materia prima de 1,5 meses de conservación se presentaron más firmes que los provenientes de 4,5 meses. Los envasados en PP un 18% más firmes (4,90N) y los envasados en PEBD un 20% (5,98N). Asimismo, en Red Delicious la firmeza disminuyó con el tiempo de conservación de la materia prima, donde los cascos procedentes de MP de 5,5 meses de conservación envasados en PP, presentaron una reducción del 38% y los envasados en PEBD del 36% con relación a los valores medidos a la cosecha (7,35N). Se observó una leve variación en el color de los cascos con el tiempo de conservación del PMPF debido a las reacciones de oxidación. El crecimiento de psicrófilos, mesófilos y *Enterobacteriaceae* se evidenció mayormente a los 20 días de evaluación en ambas variedades, en los diferentes tiempos de conservación de la MP y en los tipos de envases, no superando 4 log UFC g<sup>-1</sup>. A pesar de que el tiempo de conservación de la MP afectó la calidad del PMPF y de que se observó una disminución de los parámetros de calidad durante los 20 días de conservación, en todos los casos se mantuvo igualmente aceptable para el consumo en ambas variedades. La película de PP en general presentó un mejor comportamiento frente a la de PEBD.

Palabras clave: Vida útil; Atmósfera modificada; Firmeza de pulpa; Crecimiento microbiano.

## 7. SUMMARY

The minimally processed fresh products (MPFP) are obtained after performing unit operations such as washing, peeling, cutting, drying, packaging and others, which increase their metabolic activity reducing its shelf life (7-14 days). Therefore, they need to be stored at low temperature close to 0°C and in modified atmosphere conditions. In this work, the effect of the storage time of the raw material (harvest; 2,5 and 5,5 months for Red Delicious and 1,5 and 4,5 months for Fuji) on some quality attributes of the MPFP packed in polypropylene (PP) and low density polyethylene (LDPE) and stored for 0, 5, 12, and 20 days at 0°C was determined. The measured parameters were: respiration rate; atmosphere composition; flesh firmness; weight loss; color (luminosity, hue and chroma); *Enterobacteriaceae*, mesophiles, psychrophiles, fungi and yeasts growth; total soluble solids; total antioxidant capacity (TAC) by two methods and total polyphenols (PT). The lowest respiration values were observed in wedges made with raw material of longer storage for both varieties, being 47% lower in wedges of 4,5 months (4,0 mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) of Fuji and 57% lower in those coming from 5,5 months (3,9 mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) in Red Delicious. Fuji wedges of the raw material stored by 1,5 months, were firmer than those stored by 4,5 months. Those packaged in PP 18% firmer (4,90 N) and those packaged in PEBD 20% (5,98N). When wedges were elaborated with 5,5 months stored raw material and packaged in PP, a reduction of 38% was observed while in PEBD packaged wedges, reduction achieve 36% in relation to the values measured at harvest (7,35 N). A slight variation in the color parameters were observed throughout the storage period, related to oxidation reactions. Psychrophiles, mesophiles and *Enterobacteriaceae* growth was evidenced mostly at 20 days in both varieties, at the different storage time of the raw material, types of packages, not exceeding 4 log UFC g<sup>-1</sup>. Although the storage time of the raw material affected the quality of the MPFP, and a decrease in the quality parameters of the wedges was observed during the 20 days of storage, in all cases it remained equally acceptable for consumption in both varieties. The quality of MPFP packaged in PP film in general showed better behavior compared to the PEBD.

Keywords: Shelf life; Modified atmosphere; Flesh firmness; Microbiological growth.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M. 2004. Fruticultura. Barcelona, Mundi-Prensa. 493 p.
2. Aguayo E. 2003. Innovaciones tecnológicas en la conservación de melón y tomate procesado en fresco. Tesis Dr. en Ciencias Agropecuarias. Cartagena, España. Universidad politécnica de Cartagena. 425 p.
3. \_\_\_\_\_.; Gómez, P.; Artés-Hernández, F.; Artés-Calero, F. 2017. Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético. Agrocienza (Uruguay). 21(1): 7-14.
4. Albanese, D.; Cinquanta, L.; Di Matteo, M. 2007. Effects of an innovative dipping treatment on the cold storage of minimally processed Annurca apples. Food Chemistry. no. 105:1054-1060.
5. Alday, C. 2012. Efecto del tipo de corte y la temperatura de almacenamiento en la actividad metabólica en manzanas “Red Delicious” y “Cripps Pink” mínimamente procesadas en fresco. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 71 p.
6. Altisent, R.; Plaza, L.; Alegre, I.; Viñas, I.; Abadias, M. 2014. Comparative study of improved vs. traditional apple cultivars and their aptitude to be minimally processed as ‘ready to eat’ apple wedges. Food Science and Technology. 58: 541-549.
7. Andrade, N.; Bastos, M. S.; Antunes, M. A. 2007. Higiene e sanitização. In: Moretti, L. ed. Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Brasília, s.e. pp. 101-119.
8. Aponte, L.; Guadarrama, A. 2003. Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Revista Facultad de Agronomía (Maracay). 29(2):145-160.
9. Artés-Calero, F.; Artés-Hernández, F.; Aguayo, E. 2004. Evolución y tendencias de la industria española de procesado mínimo en fresco de frutas y hortalizas. Revista Mercados. no. 51:14-15.

10. \_\_\_\_\_. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7(2):61-85.
11. Avello, M.; Suwalsky, M. 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*. no. 494:161-172.
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. Bett, K.; Ingram, D.; Grimm, C.; Lloyd, S.; Spanier, A.; Miller, J.; Gross, K.; Baldwin, E.; Vinyard, B. 2001. Flavor of fresh-cut Gala apples in barrier film packaging as affected by storage time. *Journal of Food Quality*. no. 24:141-156.
14. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Food Science and Technology*. 28:25-30.
15. Brecht, J.; Saltveit, M.; Talcott, S.; Moretti, C. 2007. Alterações metabólicas. *In*: Moretti, L. ed. *Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças*. Brasília, s.e. pp. 41-77.
16. Cabezas, A. B. 2013. Estrategias dirigidas a retrasar el pardeamiento enzimático en productos destinados a la IV Gama: alcachofas y patatas. Tesis Dr. en Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina. Universidad de Córdoba. 155 p.
17. Cáceres, I.; Mulkay, T.; Rodriguez, J.; Paumier, A. s.f. Conservación de productos hortofrutícolas. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. 19 p.
18. Cantwell, M.; Suslow, T. 2002. Fresh- Cut fruit and vegetables: Aspects of physiology, preparation and handling that affect quality. *In*: Kader, A. A. ed. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. 3a. ed. s.n.t. s.p.

19. Capozzi, V.; Fiocco, D.; Amodio, M. L.; Gallone, A.; Spano, G. 2009. Bacterial Stressors in Minimally Processed Food. *International Journal of Molecular Sciences*. 10(7):3076-3105.
20. Cárdenas, N.; Pedraza, J. 2005. Especies reactivas de oxígeno y sistemas antioxidantes: aspectos básicos. *Educación Química*. 17(2):164-173.
21. Cenci, S. 2011. Processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: Cenci, S. ed. *Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem*. Rio de Janeiro, s.e. pp. 9-14.
22. Chápper, M.; Sorondo, F.; Touron, H. 2003. Determinación del momento óptimo de cosecha y su relación con el periodo de almacenamiento (Manzana Cripps Pink "Pink Lady"). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.
23. Chordi, S. 2013. Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad. Lérida, España. Universitat de Lleida. Facultad de Medicina. 40 p.
24. Coque, M.; Díaz, B.; García, J. 2012. El cultivo del manzano: Variedades de sidra y mesa. Madrid, Mundi-Prensa. 221 p.
25. Cocci, E.; Rocculi, P.; Romani, S.; Rosa, M. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 39:265-271.
26. Cortellino, G.; Gobbi, S.; Bianchi, G.; Rizzolo, A. 2015. Modified atmosphere packaging for shelf life extension of fresh-cut apples. *Trends in Food Science & Technology*. 26:320-330.
27. De la Vega, C. 2011. Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) como producto de IV gama. Tesis Licenciado de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 94 p.
28. 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. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 38(3):263-267.

29. Disegna, E.; Cabrera, D.; Soria, J.; Feippe, A. 2003. La salud está a la vuelta de la manzana. El País Agropecuario. 9(98):25-28.
30. Escalona, V. 2017. Uso de envasado en atmósfera modificada en los productos de IV y V gama. Agrociencia (Uruguay). 21(2):1-6.
31. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2010. Codex alimentarius Stan 299. Norma para las manzanas. Roma. 6 p.
32. \_\_\_\_\_. 2017. FAOSTAT. (en línea). Roma. s.p. Consultado set. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
33. Ferree, D. C.; Warrington, I. J. 2003. Apples: botany, production and uses. Wallingford, CABI. 660 p.
34. Fuentes, P. 2016. Valoración de técnicas de sanitizado en hortalizas de IV gama en consumidores de la región metropolitana, Chile. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 65 p.
35. García, E.; Gago, L.; Fernández, J. L. 2006. Informe de vigilancia tecnológica. Madrid, CEIM. Dirección General de Universidades e Investigación. 141 p.
36. Gil, M. I.; Selma, M. V.; López-Gálvez, F.; Allende, A. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. International Journal of Food Microbiology. 134(1-2):37-45.
37. González, G.; Galvis, J.; Florez, A. 2010a. Manual de procesamiento y conservación del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad larga vida y variedad cherry mínimamente procesado. Bogotá, Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA). 55 p.
38. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2010b. Manual de zanahoria mínimamente procesada: variedades Chantenay y baby. Bogotá,

Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA). 54 p

39. González, M.; Lobo, M. G. 2005. Técnicas de procesamiento de hortalizas cortadas. *In*: González-Aguilar, G.; Gardea, A.; Cuamea-Navarro, F. eds. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. s.n.t. pp. 97-115.
40. Graça, A.; Santo, D.; Esteves, E.; Nunes, C.; Abadias, M.; Quintas, C. 2015. Evaluation of microbial quality and yeast diversity in fresh-cut apple. *Food Microbiology*. 51:179-185.
41. Gübeli, I. 2012. Efecto del uso de agentes antipardeantes y atmósfera modifica sobre el pardeamiento enzimático en cascos de manzana "Royal Gala". Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 139 p.
42. Guerrero, C. 2009. Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano (*Cavendish valery*) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoepintanol y ácido ascórbico. Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 86 p.
43. Hernández, Y.; González, M.; Lobo, M. G. 2007. Importancia del grado de madurez en el procesado mínimo de frutas. *In*: Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones (5º, 2007, Santiago). Trabajos presentados. Santiago, Chile, Fundación para la Innovación Agraria (FIA). pp. 837-847.
44. Inestroza-Lizardo, C.; Magalhães, K.; Gomez-Gomez, H.; Cury, V.; Ribeiro, J. 2015. Principales consideraciones en el procesamiento mínimo de tubérculos y raíces para industrias pequeñas y medianas (artesanales). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 16(2):158-164.
45. \_\_\_\_\_; Voigt, V.; Muniz, A. C.; Gómez-Gómez, H. 2016. Métodos de enfriamiento aplicables a frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17(2):149-161.

46. Ioannou, I.; Ghoul, M. 2013. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*. 9(30):310-341.
47. Kader, A. A. 2002. Biología y tecnología postcosecha: un panorama. *In*: Kader, A. A. ed. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. 3a. ed. s.n.t. pp. 45-55.
48. Kluge, R.; Silveira, A. C.; Inestroza-Lizardo, C.; Dalloca, N. 2016. *Processamento mínimo de vegetais, princípios e práticas*. São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 65 p. (Série Productor rural no. 62).
49. Koyuncu, M.; Koyuncu, F.; Dilmaçunal, T.; Güçlü, F.; Çetinbaş, M.; Kuleaşan, H. 2010. Cold Storage of Fresh-Cut "Granny Smith" Apples. *Acta Horticulturae*. no. 876:307-318.
50. Ma, L.; Zhang, M.; Bhandari, B.; Gao, Z. 2017. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. no. 64:23-38.
51. Madonna M.; Caleb O.; Sivakumar D.; Mahajan P. 2018. Understanding the physiological response of fresh-cut cauliflower for developing a suitable packaging system. *Food Packaging and Shelf Life*. 17:179-186.
52. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 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)
53. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 211 p.
54. \_\_\_\_\_. DIGEGRA; CAMM (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de la Granja, UY. Comisión Administradora del Mercado Modelo, UY). 2015. Frutas y Hortalizas en el Uruguay: Manual para la calidad, conservación y comercialización. Montevideo. 128 p.

55. Mery, L. 2011. Evaluación de distintas técnicas de postcosecha para prolongar la vida útil de peras mínimamente procesadas. Tesis Mag. en Ciencias Agropecuarias Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 213 p.
56. MINAGRI. ODEPA (Ministerio de Agricultura. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, CL). 2014. IV gama, una industria alimentaria en crecimiento. Santiago de Chile. 5 p.
57. Mitcham, E.; Mitchell, F. 2002. Sistemas de manejo postcosecha: frutos pomo. In: Kader, A. A. ed. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. 3a. ed. s.n.t. pp. 373-386.
58. Moretti, C. 2007. Panorama do processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: Moretti, C. ed. Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Brasília, s.e. pp. 25-39.
59. Núñez, J. 2012. Evaluación de distintas técnicas de conservación en peras "Packham's Triumph" mínimamente procesadas. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 180 p.
60. Nutrinfo.com. s.f. Tabla de composición química de alimentos: manzana con piel. (en línea). s.l., Nutrinfo.com. s.p. Consultado 24 mar. 2019. Disponible en [http://2013.nutrinfo.com/tabla\\_composicion\\_quimica\\_alimentos\\_2018.php?FoodId=1198&marca=Todas&FoodCategory=Todas&numberOfResults=40&order=Fibra&desc=DESC&measure=porcion&page=2](http://2013.nutrinfo.com/tabla_composicion_quimica_alimentos_2018.php?FoodId=1198&marca=Todas&FoodCategory=Todas&numberOfResults=40&order=Fibra&desc=DESC&measure=porcion&page=2)
61. Olivas, G.; Mattinson, D.; Barbosa-Cánovas, G. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. Postharvest Biology and Technology. 45:89-96.
62. Pacheco, P.; Silveira, D. 2012. Estudio de alternativas industriales para la producción de frutas y hortalizas frescas para la Zona Metropolitana. Montevideo, IMM. CAMM. 35 p.
63. Palomo, I.; Yuri, A.; Moore, R.; Quilodrán, A.; Neira, A. 2010. El consumo de manzanas contribuye a prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer: antecedentes

epidemiológicos y mecanismos de acción. *Revista Chilena de Nutrición*. 37(3):377-385.

64. Paredes, C. 2010. Conservación de manzanas (*Malus domestica* Borkh.) variedad "Fuji" mínimamente procesadas. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 54 p.
65. Piagentini, A.; Pirovani, M. E. 2017. Total Phenolics Content, Antioxidant Capacity, Physicochemical Attributes, and Browning Susceptibility of Different Apple Cultivars for Minimal Processing. *International Journal of Fruit Science*. 17(1):102-116.
66. Pereyra M. 2011. Desarrollo de manzana trozada mínimamente procesada y determinación de vida útil. Tesis Ing. en Alimentos. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. 54 p.
67. Pérez, A.; Aristizabal, I.; Restrepo, J. 2016. Conservación de mango Tommy Athins mínimamente procesado mediante la aplicación de un recubrimiento de aloe vera (*Aloe Barbandensis* Miller). *Revista de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*. 23(1): 65-77.
68. Pizato, S.; Cortez-Vega, W.; Da Costa, T.; Menegon, L.; Prentice, C. 2013. Improvement Quality and Shelf Life Assessment of Minimally Processed Apples by Use of Protein Coatings. *Journal of Food Research*. 2(5):24-33.
69. Qi, H.; Hu, W.; Jiang, A.; Tian, M.; Li, Y. 2011. Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 12:62-66.
70. Quitral, V.; Sepulveda, M.; Schwartz, M.; Kern, W. 2014. Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en manzanas de distintas variedades cultivadas en Chile Antioxidant capacity and total polyphenol content in different apple varieties cultivated in Chile. *RECyT*. no. 22:67-72.
71. Robledo, P. 2007. Estudio de la acción de aditivos en chirimoya mínimamente procesada. Tesis Ing. Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 56 p.

72. Robles, R.; Gorinstein, S.; Martín, O.; Astiazarán, H.; González, G.; Cruz, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*. 32(4):227-232.
73. Rocculi, P.; Romani, S.; Rosa, M. 2004. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Research International*. 37:329-335.
74. Rocha, A. M. C. N.; Morais, A. M. M. B. 2003. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control*. 14(1):13-20.
75. Rodoni, L. 2014. Evaluación de metodologías no contaminantes para mantener la calidad y extender la vida poscosecha de pimientos (*Capsicum annuum* L.) frescos cortados. Tesis Dr. en Ciencias Exactas. La Plata, Argentina. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. 183 p.
76. Rodríguez, M.; Güemes, D.; Benavides, M. J.; Rivas, M. Z.; Pirovani, M. É.; Piagentini, A. 2013. Evaluación preliminar del efecto del tratamiento químico sobre atributos fisicoquímicos, sensoriales y bioactivos de manzanas frescas cortadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 14(2):223-229.
77. \_\_\_\_\_.; Salsi M. S.; Piagentini, A. 2016. Efecto del mínimo procesamiento y tratamiento con yerba mate sobre el potencial saludable y los atributos de calidad de manzanas Granny Smith. *Innotec*. no. 12:7-14.
78. Rojas-Graü, A.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O.; Avena-Bustillos, R.; Raybaudi-Massilia, R.; McHugh, T. 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*. 45:254-264.
79. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Salvia-Trujillo, L. 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*. 105:8-16.

80. Ruelas, X.; Reyes, M.; Valdivia, B.; Contreras, J.; Montañez, J.; Aguilera, F.; Peralta, R. 2013. Conservación de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas con recubrimientos comestibles. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 5(9): 31-37.
81. Rux, G.; Caleb, O.; Fröhling, A.; Herppich, W.; Mahajan, P. 2017. Respiration and Storage Quality of Fresh-Cut Apple Slices Immersed in Sugar Syrup and Orange Juice. *Food and Bioprocess Technology*. 10(11):2081-2091.
82. Sánchez, M.; González, D.; Colina, C.; De Anco, B, 2018. Métodos físicos no tradicionales de control microbiológico aplicables al proceso de elaboración de hortalizas de IV Gama. *Agrociencia (Uruguay)*. 22(1):26-36.
83. Sepúlveda, A. 2010. Efecto de inhibidores del pardeamiento enzimático en peras (*Pyrus Communis* L.) cv. Packham's Triumph mínimamente procesadas. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 68 p.
84. Silva, J.; Pinto, M. B. 2012. Alimentos frescos mínimamente procesados embalados em atmósfera modificada. *Brazilian Journal of Food Technology*. 15(1):1-14.
85. 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. 380 p.
86. \_\_\_\_\_; Escalona, V.; Pezoa, A.; Aguayo, E. 2015a. Quality Preservation and Safety of Minimally Processed Vegetables. In: Hui, Y. H.; Özgül, E. eds. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton, FL, CRS. pp. 320-339.
87. \_\_\_\_\_; Zaccari, F. 2015b. Tratamientos previos al almacenamiento de la materia prima destinada a la elaboración de productos de IV y V gama. *Simiente*. 85(3-4):1-20.
88. \_\_\_\_\_. 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.

89. Singleton, V. L.; Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phophomolibdie-phosphotungstic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture. 16:144-158.
90. Soliva-Fortuny, R.; Martínez, P.; Martín-Belloso, O. 2004. Microbiological and biochemical stability off fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 5:215-224.
91. Tapia, C.; Moscoso, N.; Vasco, C.; Valencia, S. 2015. Cambios metabólicos y fisiológicos en los productos de IV y V gama. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 16(1):1-7.
92. Toivonen, P.; Brummell, D. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 48:1-14.
93. Valerga, L.; Darré, M.; Irigoiti, Y.; Concellón, A.; Lemoine, L. 2018. Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 19(1):s.p.
94. Vanetti, M. C. 2007. Microbiología. In: Moretti, L. ed. Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Brasilia, s.e. pp. 141-150.
95. Yucra, M.; Zapana, D. 2009. Efecto de la Temperatura en la tasa de respiración en zanahoria (*Daucus carota*), zapallo (*Cucúrbitamáxima*) mínimamente procesadas y tratadas con ácido acético e hipoclorito de sodio. Tesis Ing. Agroindustrial. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. 94 p.



## 9. ANEXOS

### 1. Concentración y pH de sanitizantes químicos utilizados en PMPF.

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	PH
HIPOCLORITO DE SODIO Y OXICLORURO DE CALCIO	100-200 ppm	6 - 7
DIÓXIDO DE CLORO	3 ppm	8 - 10
OZONO	0,3 ppm	
ÁCIDO PERACÉTICO	80 ppm	> 7,5
AGUA ELECTROLIZADA ÁCIDA	10-90 ppm (cloro libre)	2 - 4,5
AGUA ELECTROLIZADA NEUTRA	50-120 ppm (cloro libre)	7,5 - 8,5

Fuente: adaptado de Kluge et al. (2016).

### 2. Permeabilidad al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y al vapor de agua de diferentes polímeros plásticos. Los valores corresponden a una película de 25 µm a presión atmosférica y 0 °C.

MATERIAL	PERMEABILIDAD		
	O <sub>2</sub> (mL d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	CO <sub>2</sub> (mL d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Vapor de agua (g d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	6.000 - 7.920	30.000	14,4 - 19,2
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	480 - 1.920	6.960 - 7.920	4,8 - 6,0
POLIPROPILENO	1.920 - 7.920	12.000	7,2 - 9,6
PVC	192 - 960	3.000 - 6.000	24 - 48
POLIESTIRENO	4.560 - 5.040	12.960	139 - 149
POLICARBONATO	1.440 - 4.080	s/d	96
NYLON 6	48 - 144	144 - 288	240
NYLON 11	280 - 480	1.920	60 - 96

Fuente: adaptado de Escalona (2017).